



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

**PROPUESTA DE DISEÑO DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA EL AUDITORIO
DE LA CÁMARA GUATEMALTECA DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL KM. 8 CARRETERA A
MUXBAL SANTA CATARINA PINULA GUATEMALA**

José Enrique Escobar Velásquez

Asesorado por el Ing. Carlos Chicojay Coloma

Guatemala, febrero de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE DISEÑO DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA EL AUDITORIO
DE LA CÁMARA GUATEMALTECA DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL KM. 8 CARRETERA A
MUXBAL SANTA CATARINA PINULA GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ ENRIQUE ESCOBAR VELÁSQUEZ

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANÍBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Ing. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR	Ing. Herbert Samuel Figueroa Avendaño
EXAMINADOR	Ing. Carlos Snell Chicol Morales
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



Guatemala, 12 de octubre de 2023
REF.EPS.DOC.12.10.2023

Ingeniero
Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S.) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica, **JOSÉ ENRIQUE ESCOBAR VELÁSQUEZ, Registro Académico No. 201801559**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **PROPUESTA DE DISEÑO DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA EL AUDITORIO DE LA CÁMARA GUATEMALTECA DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL KM. 8 CARRETERA A MUXBAL SANTA CATARINA PINULA GUATEMALA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica



NISZ/ns

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 31 de octubre de 2023
REF.EPS.D.351.10.2023

Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Morales Baiza:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA EL AUDITORIO DE LA CÁMARA GUATEMALTECA DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL KM. 8 CARRETERA A MUXBAL, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **José Enrique Escobar Velásquez** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

The image shows a handwritten signature in blue ink over a circular official stamp. The stamp contains the text: 'Universidad de San Carlos de Guatemala', 'DIRECCIÓN', 'Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS', and 'Facultad de Ingeniería'.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra

El Revisor de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **Propuesta de diseño de sistema de aire acondicionado para el auditorio de la Cámara Guatemalteca de la Construcción en el km. 8 carretera a Muxbal Santa Catarina Pinula Guatemala** del estudiante **José Enrique Escobar Velásquez**, CUI 3007520670101, registro académico 201801559 y habiendo realizado la revisión de Escuela, se autoriza para que continúe su trámite en la oficina de Lingüística, Unidad de Planificación.

"Id y enseñad a todos"



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Revisor – Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, noviembre de 2023
/aej



FACULTAD DE INGENIERÍA

SIST.LNG.DIRECTOR.4.EIM.2024

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de área, al trabajo de graduación titulado: **Propuesta de diseño de sistema de aire acondicionado para el auditorio de la Cámara Guatemalteca de la Construcción en el km 8 carretera a Muxbal Santa Catarina Pinula Guatemala**, presentado por: **José Enrique Escobar Velásquez**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

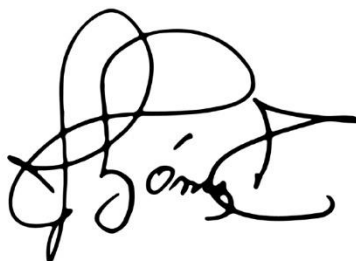
Una firma manuscrita en tinta negra y un sello circular de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ingeniero Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, febrero de 2024

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA EL AUDITORIO DE LA CÁMARA GUATEMALTECA DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL KM. 8 CARRETERA A MUXBAL SANTA CATARINA PINULA GUATEMALA**, presentado por: **José Enrique Escobar Velásquez** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Firmado electrónicamente por: José Francisco
Gómez Rivera
Motivo: Orden de impresión
Fecha: 28/02/2024 16:44:13
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, febrero de 2024

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2024 Correlativo: 130 CUI: 3007520670101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA DE DISEÑO DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA EL AUDITORIO
DE LA CÁMARA GUATEMALTECA DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL KM. 8 CARRETERA A
MUXBAL SANTA CATARINA PINULA GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 9 de agosto de 2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Enrique Escobar Velásquez', written over a horizontal line.

José Enrique Escobar Velásquez

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por brindarme la oportunidad para lograr este sueño y la sabiduría para realizarlo.
Mis padres	Mario Escobar y Olga Velásquez por el apoyo incondicional brindado a lo largo de la carrera
Mis abuelos	José Vicente Escobar, Carolina Heer, Carlos Velásquez y Olga Figueroa por el constante apoyo a lo largo de los años, durante mi niñez y vida adulta.
Mi novia	Mariana Urrutia por estar siempre a mi lado, y ser una inspiración para buscar ser mejor.
Mis amigos	Alejandro Lemus, Byron Estrada, Ángel López y Luis Morales por el apoyo recibido y las experiencias vividas.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por recibirnos para continuar en el crecimiento de nuestra academia.

**Escuela de Ingeniería
Mecánica**

Por permitirnos la oportunidad de expandir nuestros conocimientos y ver más allá de nuestro entorno, al ampliar nuestra capacidad creativa y ser capaces de superarnos lo que llevo a crear nuevas metas para nuestro crecimiento profesional.

Mi familia

Por el constante apoyo recibido durante toda mi vida personal y académica

Mi novia

Por su apoyo incondicional e impulsarme a ser mejor cada día.

Mis amigos

Por todo el tiempo compartido y apoyo mutuo recibido para culminar la carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1. Ubicación	1
1.1.2. Historia	1
1.1.3. Misión	2
1.1.4. Visión	2
1.1.5. Valores	2
1.2. Conceptos generales	3
1.2.1. Acondicionamiento de aire	3
1.2.1.1. Temperatura	3
1.2.1.2. Temperatura de rocío	4
1.2.1.2.1. Temperatura de bulbo seco	4
1.2.1.2.2. Temperatura de bulbo húmedo	4
1.2.1.3. Humedad	5
1.2.2. Ciclo de refrigeración	5
1.2.2.1. Compresor	5
1.2.2.2. Condensador	6
1.2.2.3. Válvula de expansión	6
1.2.2.4. Evaporador	6
1.2.3. <i>Confort</i>	7
1.2.4. Equipos de acondicionamiento de aire	8

	1.2.4.1.	Portátil	8
	1.2.4.2.	Split	9
	1.2.4.3.	Multisplit	9
	1.2.4.4.	Cassette	10
	1.2.4.5.	Por conductos.....	11
	1.2.4.6.	Reversible.....	12
	1.2.4.7.	Fan coil.....	13
	1.2.4.8.	Rooftop.....	14
	1.2.4.9.	Chillers	15
	1.2.5.	Refrigerantes para aire acondicionado.....	16
	1.2.6.	Lubricantes para compresores de aire acondicionado ...	18
	1.2.7.	Cargas térmicas.....	19
	1.2.8.	Sistemas de distribución de aire acondicionado.....	21
	1.2.9.	Mantenimiento de equipos de acondicionamiento de aire	23
2.		FASE DE INVESTIGACIÓN.....	25
	2.1.	Condiciones físicas y ambientales actuales	25
		2.1.1. Condiciones físicas.....	25
		2.1.2. Condiciones ambientales.....	27
	2.2.	Factores generadores de cargas térmicas	29
	2.3.	Estudio teórico de equipos de acondicionamiento de aire y requerimientos técnicos	30
3.		FASE TÉCNICO PROFESIONAL	33
	3.1.	Determinación de la carga térmica.....	33
	3.2.	Selección del equipo de acondicionamiento de aire	40
4.		FASE DOCENTE	77
	4.1.	Guía básica del sistema de acondicionamiento de aire para el auditorio de CGC	79
		4.1.1. Funcionamiento de un equipo de aire acondicionado	79
		4.1.2. ¿Cómo funciona un ciclo de refrigeración?	80
		4.1.3. Cómo funciona el sistema propuesto para el acondicionamiento de aire del auditorio de CGC	81

4.1.4.	Mantenimiento del sistema de acondicionamiento de aire	82
		
CONCLUSIONES		85
RECOMENDACIONES		87
REFERENCIAS		89
APÉNDICES		91
ANEXOS		93

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	 Aire acondicionado portátil	8
Figura 2.	Aire acondicionado tipo Split.....	9
Figura 3.	Aire acondicionado Multisplit	10
Figura 4.	Aire acondicionado tipo Cassette	11
Figura 5.	Aire acondicionado por conductos.....	12
Figura 6.	Aire acondicionado reversible	13
Figura 7.	Aire acondicionado tipo Fan Coil	14
Figura 8.	Aire acondicionado Rooftop.....	15
Figura 9.	Aire acondicionado tipo chiller	16
Figura 10.	Cargas térmicas internas y externas	20
Figura 11.	Carta psicrométrica a 5000 ft s.n.m (1500 m).....	35
Figura 12.	Consideraciones del clima para el auditorio de CGC.	36
Figura 13.	Dimensiones del edificio y sus condiciones estructurales.....	36
Figura 14.	Carga térmica provocada por la presencia de personas.....	37
Figura 15.	Carga térmica generada por las condiciones de ventilación	37
Figura 16.	Carga térmica generada por la presencia de equipos eléctricos .	38
Figura 17.	Carga térmica total del auditorio de CGC	38
Figura 18.	Ejemplo de un sistema de distribución de aire por ductos	44
Figura 19.	Dimensionamiento del primer tramo. 8000 CFM	46
Figura 20.	Conversión del primer tramo de redondo a rectangular.....	46
Figura 21.	Dimensionamiento del segundo tramo. 6000CFM	47
Figura 22.	Conversión del segundo tramo de redondo a rectangular	48

Figura 23.	Dimensionamiento del tercer tramo. 4000CFM	49
Figura 24.	Conversión del tercer tramo de redondo a rectangular	49
Figura 25.	Dimensionamiento del cuarto tramo. 2000CFM	50
Figura 26.	Conversión del cuarto tramo de redondo a rectangular.....	51
Figura 27.	Dimensionamiento del primer ramal	52
Figura 28.	Conversión del primer ramal de redondo a rectangular.....	52
Figura 29.	Dimensionamiento del segundo ramal	53
Figura 30.	Conversión del segundo ramal de redondo a rectangular	54
Figura 31.	Dimensionamiento del tercer ramal	55
Figura 32.	Conversión del tercer ramal de redondo a rectangular.....	55
Figura 33.	Dimensionamiento del cuarto ramal	56
Figura 34.	Conversión del tercer ramal de redondo a rectangular.....	57
Figura 35.	Dimensionamiento del primer ducto de retorno 4000CFM	58
Figura 36.	Conversión del ducto de retorno de redondo a rectangular.....	59
Figura 37.	Dimensionamiento del segundo ducto de retorno 4000CFM.....	60
Figura 38.	Conversión del ducto de retorno de redondo a rectangular.....	60
Figura 39.	Proceso de diseño de la unión de las dos unidades tipo paquete	65
Figura 40.	Diseño de los ductos de retorno	66
Figura 41.	Diseño del tramo de ductería principal	67
Figura 42.	Diseño de los ramales secundarios de distribución.....	68
Figura 43.	Propuesta del sistema de acondicionamiento de aire	69
Figura 44.	Sketch 3D del sistema de acondicionamiento de aire	70
Figura 45.	Interior del auditorio de CGC.....	71
Figura 46.	Ingreso al auditorio de CGC	72
Figura 47.	Ejemplo de varillas de anclaje para ductos de aire	74
Figura 48.	Capacitación básica sobre equipos de A/C	78

TABLAS

Tabla 1.	Factores generadores de cargas térmicas detectados	29
Tabla 2.	Requerimientos recomendados	42

GLOSARIO

Símbolo	Significado
CGC	Cámara Guatemalteca de la Construcción.
Carga térmica	Es todo aquello que genera un aumento en la temperatura del ambiente que se desea acondicionar.
CFM	<i>Cubic feet per minute.</i>
Duct TEL	<i>Total effective length.</i>
Peralte	Se refiere a la altura vertical del ducto de distribución de aire acondicionado.
Ramal	Se refiere a la extensión que sale del ducto principal y permite llevar el aire a todas las áreas del espacio que se desea acondicionar.
Sobredimensionado	Se refiere a un sistema que ha sido diseñado de forma que cumple con los requerimientos ambientales del espacio que se desea acondicionar. Sin embargo, sus capacidades son mucho mayores, por lo que se genera un desperdicio de energía.

RESUMEN

Cámara Guatemalteca de la Construcción es una institución de renombre dentro del sector guatemalteco, agremia a más de doscientas empresas del sector construcción de Guatemala y una de sus actividades principales es la atención al asociado. Dentro del marco de actividades de la comisión de atención al asociado, se llevan a cabo numerosos eventos dentro de los salones de la institución, siendo el auditorio el más utilizado. Adicionalmente, CGC cuenta con la disponibilidad de rentar sus salones a empresas o personas individuales que deseen celebrar algún evento, ya sea empresarial o de tipo particular.

Debido al alto interés por parte de las empresas en participar en cada evento, se alcanza un gran aforo de asistentes a las actividades, y si bien el auditorio tiene la capacidad física de albergar a todas las personas, luego de un tiempo en su interior la temperatura alcanza niveles fuera del confort deseado. Lo que genera inconvenientes como grupos de personas que se retiran anticipadamente de las actividades, distracción de las conferencias, menor cantidad de participación en ocasiones futuras y otro tipo de problemas que podrían evitarse integrando a la infraestructura un sistema de acondicionamiento de aire.

OBJETIVOS

General

Lograr que el ambiente del auditorio de la Cámara Guatemalteca de la Construcción brinde condiciones de confort a los asistentes sin importar el aforo o duración de su estadía.

Específicos

1. Inspeccionar el área del auditorio y determinar los factores generadores de cargas térmicas.
2. Proponer un diseño de un sistema de acondicionamiento de aire que garantice la sensación de confort durante la realización de cualquier evento dentro de las instalaciones.
3. Capacitar al personal encargado sobre acciones básicas de mantenimiento y funcionamiento general del sistema.

INTRODUCCIÓN

Cámara Guatemalteca de la Construcción es una institución de renombre dentro del sector guatemalteco, agremia a más de doscientas empresas del sector construcción de Guatemala y una de sus actividades principales es la atención al asociado. Dentro del marco de actividades de la comisión de atención al asociado, se llevan a cabo numerosos eventos dentro de los salones de la institución, siendo el auditorio el más utilizado. Adicionalmente, CGC cuenta con la disponibilidad de rentar sus salones a empresas o personas individuales que deseen celebrar algún evento, ya sea empresarial o de tipo particular.

Debido al alto interés por parte de las empresas en participar en cada evento, se alcanza un gran aforo de asistentes a las actividades, y si bien el auditorio tiene la capacidad física de albergar a todas las personas, luego de un tiempo en su interior la temperatura alcanza niveles fuera del confort deseado. Lo que genera inconvenientes como grupos de personas que se retiran anticipadamente de las actividades, distracción de las conferencias, menor cantidad de participación en ocasiones futuras y otro tipo de problemas que podrían evitarse integrando a la infraestructura un sistema de acondicionamiento de aire.

El presente proyecto responde a la necesidad de alcanzar niveles de confort dentro de las instalaciones del auditorio sin importar la cantidad de personas y tiempo de duración de los eventos. Se presenta una propuesta del diseño de un sistema de acondicionamiento de aire con dos unidades de aire acondicionado tipo paquete y un sistema de distribución y retorno de ductos rectangulares de chapa metálica.

La propuesta muestra un sistema que permitiría mantener condiciones ambientales adecuadas y cuya instalación es viable en la infraestructura actual. El enfoque del presente proyecto es sobre la selección del equipo, materiales y diseño del sistema de distribución como tal.

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Descripción de la empresa

La institución en la cual se desarrollará el Ejercicio Profesional Supervisado E.P.S será la Cámara Guatemalteca de la Construcción. La Cámara Guatemalteca de la Construcción es una Asociación Civil, apolítica y no lucrativa que se encarga de agremiar a las empresas más importantes del sector construcción para impulsar su crecimiento en la industria nacional. La institución cuenta con un total de 25 personas para su administración y sostenimiento y fue fundada hace 52 años.

1.1.1. Ubicación

La misma se encuentra ubicada en el kilómetro 8 carretera a Muxbal, en el municipio de Santa Catarina Pinula localizada a 12.4km de la Ciudad Universitaria USAC.

1.1.2. Historia

Cámara Guatemalteca de la Construcción es la entidad cúpula representativa del Sector Construcción de Guatemala a nivel Nacional e Internacional. Fue constituida en el mes de enero de 1971 y aprobados sus Estatutos el 15 de enero de 1974. Es una asociación civil, apolítica y no lucrativa.

Inicialmente fueron conformadas la Asociación Guatemalteca de Contratistas de la Construcción (AGCC) el 12 de septiembre de 1,966 y la Asociación Nacional de Constructores de Viviendas (Anacovi) fundada el 25 de octubre de 1,966; quienes posteriormente nombraron a Cámara Guatemalteca de la Construcción su ente rector institucional. En la actualidad estas dos Asociaciones conforman los pilares más sólidos de nuestra entidad.

1.1.3. Misión

Promover que el crecimiento en participación e importancia del sector construcción en la economía nacional sea transparente, sano y sostenido.

1.1.4. Visión

Incrementar la participación e importancia del Sector Construcción en el PIB de forma sostenida para contribuir al Desarrollo del País.

1.1.5. Valores

Vela porque las relaciones empresariales y personales en el sector construcción se den con respeto, honestidad y transparencia. Impulsa que el crecimiento, participación e importancia del sector construcción en la economía nacional sea transparente, sano y sostenido. Promueve el desarrollo competitivo de sus empresas asociadas a través del firme cumplimiento de la ley.

1.2. Conceptos generales

La capacidad de un equipo para alterar las condiciones ambientales de un espacio dependerá de diversos factores que intervienen en el proceso, tales como la temperatura y humedad del espacio que se desea acondicionar.

1.2.1. Acondicionamiento de aire

El acondicionamiento de aire consiste en alterar las condiciones de humedad y temperatura de un espacio aislado de manera artificial y controlada por medio de equipos especializados.

El objetivo principal del acondicionamiento de aire es ofrecer comodidad a las personas que habitan un determinado espacio. Desde el punto de vista industrial, el acondicionamiento de aire permite conservar productos alimenticios o químicos por un largo período de tiempo.

1.2.1.1. Temperatura

La temperatura es una magnitud física que indica la energía térmica interna de un objeto o la energía de un ambiente. Dicha energía se mide en términos de frío o calor (Domènech, 2014).

1.2.1.2. Temperatura de rocío

La temperatura de rocío indica la humedad contenida en el aire. Es la temperatura a la cual el aire se satura cuando se enfría, es decir, se genera un cambio de fase y la humedad contenida en el aire se condensa. La razón de esto es porque el aire que nos rodea es una mezcla entre aire seco y vapor de agua, es este vapor de agua el que sufre el cambio de fase al momento de alcanzarse la temperatura de rocío (Domènech, 2014).

1.2.1.2.1. Temperatura de bulbo seco

La temperatura de bulbo seco es la temperatura que se mide con un termómetro ordinario y es la medida del calor sensible del aire (Domènech, 2014).

1.2.1.2.2. Temperatura de bulbo húmedo

La temperatura de bulbo húmedo indica la cantidad de calor total contenido en el aire. Se mide cubriendo el bulbo de un termómetro con un trapo húmedo y haciendo pasar aire rápidamente para que la humedad comience a evaporarse (Domènech, 2014).

1.2.1.3. Humedad

La humedad en el ambiente se debe a que el aire que nos rodea es una mezcla entre aire seco y vapor de agua. Es la medida que indica la cantidad de este vapor de agua en el ambiente. Este tipo de medida de humedad corresponde a la humedad absoluta. Cuando se habla de la humedad relativa, se refiere a la cantidad de humedad en el ambiente en relación con la cantidad máxima de humedad que podría contener una porción de aire (Domènech, 2014).

1.2.2. Ciclo de refrigeración

El ciclo de refrigeración está compuesto por distintos equipos que trabajan en conjunto para alterar las condiciones de temperatura y humedad de un espacio aislado. Entre estos dispositivos se encuentran los siguientes.

1.2.2.1. Compresor

El compresor se encarga de comprimir el gas refrigerante proveniente del evaporador. Acá inicia la zona de alta presión dentro del ciclo refrigerativo. Su objetivo es lograr que el consumo de energía a lo largo del resto del ciclo sea menor, y esto lo hace imprimiéndole alta presión al flujo de vapor refrigerante.

1.2.2.2. Condensador

El condensador se encarga de tomar el vapor del refrigerante y provocar un cambio de fase. Durante este proceso, el vapor al condensarse libera el calor al ambiente. Usualmente, el condensador tiene forma de serpentín para permitir que todo el vapor que circula a través de él sufra el cambio de fase necesario. Durante el viaje por el condensador, el vapor se enfría y condensa y al reaccionar con agua fría o aire emite calor al exterior.

1.2.2.3. Válvula de expansión

La válvula de expansión cumple la importante función de expandir el condensado, es decir, reducir la presión para iniciar la zona de baja presión del sistema. Su operación se basa principalmente en un modelo de tubo Venturi, que por su forma cónica es capaz de expansionar un fluido al hacer que circule a través de él. La razón de este proceso es para controlar el caudal de refrigerante que llega al evaporador. Durante el proceso de expansión, se disminuye la temperatura del refrigerante y se consigue que esté más frío que el espacio a refrigerar.

1.2.2.4. Evaporador

Es en esta etapa donde se consigue refrigerar un espacio o ambiente. Debido a la naturaleza de los refrigerantes, cuando estos sufren el cambio de fase de líquido a vapor, absorben el calor del ambiente que se desea acondicionar. Luego de este proceso, el gas se dirige nuevamente al compresor para iniciar el proceso.

1.2.3. Confort

El *confort* implica el control de la temperatura, humedad, la circulación de las corrientes de aire y de las fuentes radiantes que interactúan con los ocupantes de un determinado espacio.

Factores como temperatura, humedad, polvo y ruido son agentes que pueden intervenir en la sensación de confort de los ocupantes de un determinado espacio. Un sistema de aire acondicionado bien diseñado puede mantener estas variables dentro del rango aceptado por los clientes (SolerPalau, 2020).

Se ha demostrado que ciertas condiciones ambientales como aproximadamente 23 y 24 grados Centígrados y un 50 % de humedad relativa proporcionan una sensación placentera (SolerPalau, 2020).

Generalmente, un ambiente seco es más placentero que uno húmedo, sin embargo, con el paso del tiempo se comienza a sentir un malestar de sequedad en las mucosas o exceso de electricidad estática. Por otro lado, un ambiente muy húmedo es más pesado y causa sensación de ahogo, dificultad de eliminar sudoración corporal (SolerPalau, 2020).

Por esa razón tanto la temperatura como la humedad son dos factores principales cuando se trata de confort. A continuación, se mencionan los factores más relevantes que afectan la sensación de confort (SolerPalau, 2019):

- Temperatura
- Humedad
- Ruido
- Ventilación y purificación del aire.

1.2.4. Equipos de acondicionamiento de aire

En la industria existen diferentes tipos de sistemas para el acondicionamiento de un ambiente. Cada uno posee aplicaciones especiales y se comporta de una manera diferente. La correcta selección del equipo a utilizar dependerá del espacio, condiciones ambientales, requerimientos y presupuesto con el cual se cuenta. A continuación, se muestran algunos de los tipos de aires acondicionados más utilizados en la actualidad.

1.2.4.1. Portátil

Este tipo de aire acondicionado se caracteriza por no requerir ningún tipo de instalación como los Split o bombas de calor. Únicamente se requiere colocar la manguera de salida de aire caliente en una ventana. Este tipo de equipos se utilizan para cubrir olas de calor puntuales o como soporte a una instalación de aire acondicionado convencional.

Figura 1.

Aire acondicionado portátil



Nota. Aire acondicionado portátil. Obtenido de Techspirit (2023). *Comfee 3-in-1 Portable Air Conditioner/AC, 6,000-BTU.* (<https://techspirit.ca/cdn/shop/files/comfee-3-in-1-portable-air-conditioner-ac-6-000-btu-white-open-box-90-days-warranty-1.jpg?v=1685125853&width=600>), consultado el 6 de octubre de 2023. De dominio público.

1.2.4.2. Split

Este equipo está compuesto por una unidad interior y otra exterior. Esta última se conoce como la unidad compresora y se conecta a los equipos evaporadores que van ubicados en el interior del área).

Figura 2.

Aire acondicionado tipo split



Nota. Aire acondicionado split. Obtenido de BlueLine (2023). *Mini Split blue line on off.* (<https://blueline.com.co/producto/minisplit-on-off/>), consultado el 6 de octubre de 2023. De dominio público.

1.2.4.3. Multisplit

Este tipo de sistema consiste en una unidad compresora exterior y varias unidades evaporadoras interiores. Este diseño permite acondicionar varias habitaciones o un local de gran tamaño con una sola unidad exterior.

Figura 3.

Aire acondicionado Multisplit



Nota. Aire acondicionado Multi split. Obtenido de Buy Sites (2023). *Aire acondicionado Multi Split.* (https://lojadoar.com/wp-content/uploads/2022/12/ar-condicionado-multi-quadri-split-hw-inverter-lg-3x90001x12000-btus-quentefrio-220v-monofasico-a4uw30gfa2awgzbrz_Fot2236_1_Full.jpg), consultado el 6 de octubre de 2023. De dominio público.

1.2.4.4. Cassette

Este tipo de sistema se compone de una unidad exterior y otra interior que se empotra en el techo falso. Ambas unidades están comunicadas entre sí por un sistema de conductos. Generalmente se aplica para refrigerar espacios amplios y oficinas, ya que cuenta con mayor potencia y sus varias salidas abarcan más espacio a refrigerar.

Figura 4.

Aire acondicionado tipo Cassette



Nota. Aire acondicionado tipo Cassette. Obtenido de India mart. (2023). Aire acondicionado Cassette. (<https://5.imimg.com/data5/NA/NU/KW/SELLER-55068698/lg-ceiling-cassette-systems-180-247-500x500.jpeg>), consultado el 6 de octubre de 2023. De dominio público.

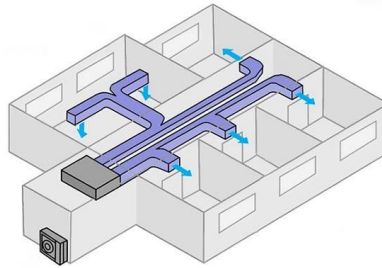
1.2.4.5. Por conductos

Este tipo de aire acondicionado consiste en un sistema de aire centralizado que generalmente se encastra en el techo del espacio a refrigerar. La distribución del aire se logra mediante conductos que cubren una gran parte del espacio y van distribuyendo aire en varias partes a través de rejillas.

La ventaja de este tipo de equipos es que son los mejores en cuanto a la distribución del aire acondicionado en el ambiente deseado. Sin embargo, se requiere de disponibilidad de espacio para la instalación de la ductería.

Figura 5.

Aire acondicionado por conductos



Nota. Aire acondicionado por conductos. Obtenido de Piroclima (2023). *Aire acondicionado por conductos.* (https://piroclima.es/c/470-category_default/aire-acondicionado-por-conductos.jpg), consultado el 6 de octubre de 2023. De dominio público.

1.2.4.6. Reversible

Este tipo de sistemas funcionan de manera reversible a los mencionados anteriormente, es decir, toman el calor del exterior y lo dispersan en el interior del espacio a calentar. Es posible conseguir aire acondicionado con una bomba de calor reversible y es la forma más eficiente para reducir la temperatura de un espacio, ya que este dispositivo termodinámico entrega siempre más energía de la que consume.

Figura 6.

Aire acondicionado reversible

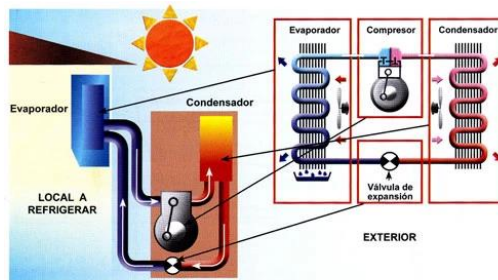


Figura 4.19: Posición de los componentes del circuito frigorífico (modo refrigeración)

Nota. Aire acondicionado reversible. Obtenido de Calor y frío (2023). *Aire acondicionado reversible o bomba de calor.* (<https://www.caloryfrio.com/images/articulos/bombas-calor/bomba-calor-reversible-esquema.webp>), consultado el 6 de octubre de 2023. De dominio público.

1.2.4.7. Fan coil

Este tipo de equipos están conformados por un intercambiador de calor, un ventilador y un filtro. Son sistemas de climatización agua-aire. Pueden trabajar refrescando o calentando el ambiente según se alimente con agua refrigerada o agua caliente. Estos sistemas de AC requieren de una unidad exterior con un intercambiador refrigerante-agua. Su operación es sencilla, consiste en un ventilador que hace circular el aire a través de los tubos en los cuales hay agua fría o caliente y es así cómo se produce la transferencia de temperatura. Posterior a ello, el aire es impulsado por el filtro y expulsado al ambiente.

Figura 7.

Aire acondicionado tipo Fan Coil



Nota. Aire acondicionado Fan Coil. Obtenido de Kavac (2023). *Aire acondicionado tipo Fan Coil.* (<https://www.kavakca.com/producto/aire-acondicionado-tipo-fancoil-36000btu-220-230v-60hz/>), consultado el 6 de octubre de 2023. De dominio público.

1.2.4.8. Rooftop

Este tipo de sistemas consisten en equipos compactos de gran potencia que toman el aire desde una azotea o techo y lo distribuyen en el ambiente interior mediante conductos. Su uso se extiende a espacios comerciales en los que la cubierta está en contacto directo con la zona a climatizar, tal como lo son almacenes o supermercados.

Figura 8.

Aire acondicionado Rooftop



Nota. Aire acondicionado Rooftop. Obtenido de Carrier (2023). *Aire acondicionado Rooftop.* (<https://bhcair.com/wp-content/uploads/2021/10/carrier-commercial-hvac.jpg>), consultado el 6 de octubre de 2023. De dominio público.

1.2.4.9. Chillers

Estos equipos pueden enfriarse por agua, aire o evaporación. Son sistemas muy utilizados para acondicionar áreas muy grandes, como edificios de oficinas, sobre todo en aquellas donde se requiere climatización y agua sanitaria simultáneamente como hospitales. Un chiller enfriado por agua puede alcanzar menores temperaturas, y su capacidad de enfriamiento es mejor debido a la transferencia de calor del agua. Sin embargo, los enfriados por agua sufren por el fenómeno de incrustaciones, por lo cual requieren de un mantenimiento periódico.

Figura 9.

Aire acondicionado tipo chiller



Nota. Aire acondicionado Tipo Chiller. Obtenido de Indiamart (2023). *Aire acondicionado Chiller.* (<https://m.indiamart.com/proddetail/industrial-water-chiller-11002068912.html>), consultado el 6 de octubre de 2023. De dominio público.

1.2.5. Refrigerantes para aire acondicionado

Los equipos de acondicionamiento de aire requieren de gases refrigerantes para absorber el calor del ambiente que se desea acondicionar. Para que una sustancia pueda actuar como un refrigerante, es necesario que esta sea capaz de alterar su estado. Es decir, debe ser capaz de pasar del estado líquido a gaseoso. El refrigerante absorbe el calor del ambiente cuando éste se evapora en el evaporador y lo libera al exterior por medio del condensador de la unidad externa.

Para que todo este proceso ocurra, el gas deberá pasar por el compresor, que lo impulsará hacia el condensador, debido a la importancia del compresor en el proceso de acondicionamiento, como toda máquina, es necesario lubricar sus piezas móviles para evitar desgaste excesivo. Para ello se aplican los lubricantes.

Los refrigerantes son las sustancias necesarias para absorber el calor del ambiente que se desea refrigerar, para ello, es sometido a diversos procesos en donde se altera su composición física para lograr reducir la temperatura del espacio deseado. En la actualidad existen diversos gases refrigerantes que han sido aplicados a lo largo de los años, y se diferencian por su composición química y efectos nocivos en el ambiente. Entre ellos podemos encontrar:

- CFC (cloro fluoro carbonos)

Son un compuesto orgánico que contienen cloro, flúor y carbono. Son gases refrigerantes altamente estables. Estos gases representan una gran amenaza ambiental, debido a que una vez liberados a la atmósfera, se acumulan en la estratosfera y provocan la destrucción de la capa de ozono. Entre estos gases podemos hallar los R-11, R-12 o R-502 (Gasservei, 2021).

- HCFC (hidro cloro fluoro carbonos)

Son considerados menos nocivos que los gases CFC, sin embargo, aún tienen un gran impacto en el efecto invernadero. Poseen un GWP de nivel medio/alto. Son compuestos formados por átomos de hidrógeno, flúor, cloro y carbono. Uno de los gases HCFC más utilizados es el R-22 por sus altos rangos de temperatura. Es un refrigerante puro con altas capacidades termodinámicas (Gasservei, 2021).

- HFC (hidro fluoro carbonos):

Es la tercera generación de gases refrigerantes y sustituyen a los HCFC, este tipo de refrigerantes carecen de cloro, lo que los hace menos nocivos para el ambiente y no son considerados sustancias agotadoras de ozono. Entre estos podemos hallar el R-23, R-453A, R-417A, R-134^a (Gasservei, 2021).

1.2.6. Lubricantes para compresores de aire acondicionado

Los aceites lubricantes cumplen funciones importantes en los equipos de acondicionamiento de aire. No solo permiten reducir la fricción y desgaste entre las piezas móviles del compresor, sino también permiten disipar cierta cantidad de calor producido por la operación del equipo.

Otro factor importante por considerar es que “los lubricantes deben ser miscibles con el refrigerante sin producir ninguna reacción química que altere la composición del refrigerante ni lubricante. Además, debe tener un punto de congelación más bajo que la del evaporador” (Castaño, 2009, p. 2)

Los aceites para equipos de acondicionamiento de aire son de origen mineral y sintéticos. Es importante determinar qué tipo de lubricante se debe utilizar según el refrigerante del sistema, como se mencionó antes, deben ser miscibles entre sí para no alterar la composición de ninguno (Castaño, 2009).

Entre los aceites utilizados para la lubricación de equipos de acondicionamiento de aire se tienen los siguientes:

- Aceite mineral (MO)
- Aceite alquilbenceno (AB)

- Aceite polioléster (POE)
- Aceite polialfaolefínico (PAO)
- Aceite polialquilenglicol (PAG)

1.2.7. Cargas térmicas

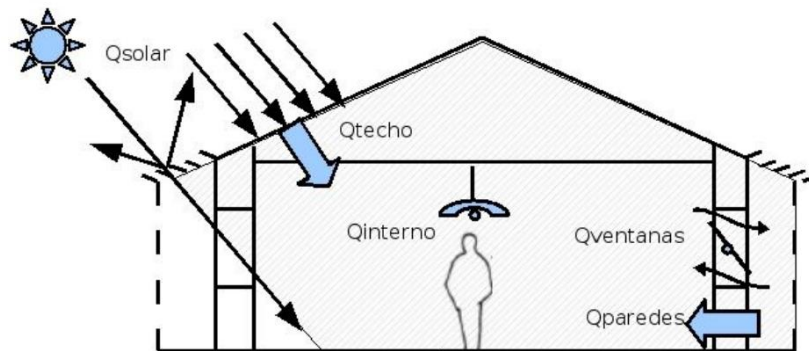
Una carga térmica se define como la cantidad de calor que se debe extraer para reducir o mantener la temperatura de un ambiente aislado. En un área a acondicionar, la carga térmica se debe eliminar por medio de enfriamiento. Se dice que la carga térmica total es la suma de todos los factores de generación de calor.

Entre los factores que deben considerarse para el cálculo de la carga térmica se tienen los siguientes:

- Transmisión de calor por la superficie
- Calor interno referente a la cantidad de personas
- Iluminación y equipamientos
- Infiltraciones de aire
- Calor por operación del equipo refrigerante

Figura 10.

Cargas térmicas internas y externas



Nota. Cargas térmicas internas y externas que afectan la temperatura de un ambiente. Obtenido de T. Márquez (2023). *Balance de energía en edificaciones*. (https://timomarquez.files.wordpress.com/2013/03/2013-04-01_balanceenergia.pdf), consultado el 6 de octubre de 2023. De dominio público.

Por otro lado, las cargas térmicas se clasifican en dos grupos, según su efecto sobre la temperatura del ambiente a acondicionar. Entre ellos se puede mencionar los siguientes según Cardete (2018):

- Cargas sensibles
 - Transmisión a través de cerramientos opacos
 - Transmisión a través de cerramientos traslúcidos
 - Radiación solar
 - Ventilación o infiltración de aire
 - Ocupación del local
 - Iluminación del área
 - Maquinaria o equipos en el interior

- Cargas latentes
 - Ventilación o infiltración de aire
 - Ocupación del local

La correcta identificación de los generadores de cargas térmicas permitirá una selección del equipo y potencia adecuada para el ambiente que se desea acondicionar. De ahí surge la importancia de realizar los cálculos correctamente para que el equipo no quede subdimensionado o sobredimensionado y se produzca desperdicio de energía.

1.2.8. Sistemas de distribución de aire acondicionado

La mayoría de los equipos de acondicionamiento de aire, a excepción de los portátiles, requieren de un sistema de conducción o distribución de aire para hacerlo llegar a todas partes del ambiente por refrigerar.

Son conductos o tubos por los cuales se distribuye el aire a los diferentes espacios, y se clasificarán de acuerdo con su presión y clasificación, considerando que pueden ser redondos, ovalados o rectangulares. La velocidad es un aspecto muy importante por considerar en los ductos, sobre todo la adecuada selección de sus tamaños, materiales y calibres para evitar la vibración y el ruido.

En la actualidad se cuenta con diferentes materiales y tipos de conductos que se adaptan según el ambiente e infraestructura del espacio a refrigerar. A continuación, se tratará cada clasificación por separado:

- Chapa metálica: utilizan materiales metálicos y se adaptan a cualquier instalación. Los hay de forma circular o rectangular. Requieren de un aislamiento posterior para evitar pérdida de temperatura, aislar el ruido y reducir vibraciones (Novelec, 2022).
- Lana de vidrio: son paneles rígidos fabricados de lana de vidrio aglomerado. En el exterior están cubiertos por una capa de aluminio que actúa como protección ante el vapor y hermetiza el conducto (Novelec, 2022).
- Flexibles: son tubos en forma circular de poliéster o aluminio. Utiliza lana de vidrio como aislante térmico. Su uso está limitado para operar como conector entre el conducto principal y las rejillas (Novelec, 2022).

“El cálculo de los ductos de distribución de aire acondicionado es el procedimiento por el cual se logra calcular las dimensiones de todos los puntos de la distribución, además de predecir los caudales de aire por cada salida” (Conforempresarial, 2021, p. 3).

Existen cuatro métodos a considerar para el diseño de conductos de aire acondicionado:

- Por reducción de velocidad: “se fija velocidades máximas en cada tramo de conducto. Siendo mayor en el conducto principal y disminuyendo en las derivaciones para evitar ruidos en las zonas ocupadas” (Conforempresarial, 2021, p. 4).

- Por pérdida de carga constante: “se calculan los conductos de forma que tengan igual pérdida de carga por unidad de longitud en toda la distribución: (Conforempresarial, 2021, p. 5).
- Por recuperación estática: “el aumento de presión estática en cada ramal compensa la pérdida por rozamiento en la próxima sección del conducto. Esta recuperación ocurre por variación de la velocidad” (Conforempresarial, 2021, p. 6).
- Por velocidad constante: “este método no toma en cuenta la pérdida de presión en la red de ductos, de allí que solo deba usarse para redes de pequeña longitud” (Conforempresarial, 2021, p. 7).

Es importante saber que a medida que la distancia entre la punta del conducto y el equipo acondicionador aumenta, será necesario reducir el diámetro o dimensión del conducto. Esto se realiza para mantener de cierta forma constante la velocidad del flujo de aire.

También se debe mencionar que este tipo de sistemas de distribución aplica para los equipos de acondicionamiento de aire por conductos. En casos como los split o Cassette, el aire es simplemente distribuido a través de las ventilas de la unidad interior.

1.2.9. Mantenimiento de equipos de acondicionamiento de aire

El mantenimiento de equipos de acondicionamiento de aire se divide en dos secciones. La primera se refiere al equipo acondicionador, o sea la unidad externa e interna. Mientras que la segunda parte se refiere específicamente a los sistemas de distribución o conductos.

La parte más compleja se centra en realizar una limpieza adecuada de los conductos, ya que es importante no distribuir partículas, polvos o malos olores dentro del ambiente aislado; situación que afecta directamente las condiciones de confort.

Respecto a la unidad externa, el único equipo eléctrico es el compresor, el cual puede generar averías que corten la generación y suministro de aire acondicionado. Por lo que es importante realizar inspecciones y cambios de los dispositivos que componen el circuito electrónico para aumentar el tiempo de vida del sistema y evitar paros no programados que requieran de un mantenimiento correctivo (Enertec, 2016).

En los sistemas de aire acondicionado, la limpieza del equipo es vital, debido a que su función principal es garantizar una calidad de aire alta para que los usuarios o incluso alimentos puedan mantenerse en condiciones de confort. Por otro lado, el correcto cuidado e inspección periódica de fugas y equipo eléctrico mantendrá su sistema en óptimas condiciones y se evitará fallas repentinas e inesperadas (Enertec, 2016).

2. FASE DE INVESTIGACIÓN

Durante la fase de investigación del presente proyecto, se llevarán a cabo diversas etapas de inspección del área que se desea acondicionar. Se identificarán las fuentes generadoras de cargas térmicas dentro del auditorio y se considerarán las condiciones de confort requeridas y los factores necesarios para lograrlo.

2.1. Condiciones físicas y ambientales actuales

Para esta fase se procedió a realizar una inspección visual general del espacio que se desea acondicionar. La descripción del área se dividirá en dos partes descritas a continuación:

2.1.1. Condiciones físicas

La Cámara Guatemalteca de la Construcción es reconocida por contar con unas de las mejores instalaciones a nivel país y Centroamérica, en comparación a las instituciones homólogas. Como es de esperar, las condiciones estructurales del auditorio de CGC se encuentran en un estado más que adecuado, no se observan daños graves o estructurales que pongan en riesgo la permanencia del edificio o a las personas en su interior.

Al momento de realizar la inspección general se detectaron los siguientes aspectos:

- Se inició examinando las condiciones del suelo, en el ingreso del edificio podemos ver que el material de la superficie es concreto pulido en un estado impecable, al adentrarse directamente al auditorio, se observa que toda la superficie se encuentra cubierta por un alfombrado en buenas condiciones generales considerando el tráfico al cual está sometida.
- Posteriormente, se realizó la inspección de las paredes. Al ingreso del edificio en general, se observa un área de ventanales que permite el ingreso de iluminación natural a lo largo del día. Directamente en el auditorio como tal, se observa que es una estructura rodeada por cuatro paredes de grandes dimensiones, un área de ingreso y egreso principal y una salida de emergencia. Las condiciones físicas de las paredes son impecables y no se detectó ningún daño en ninguna de ellas. En la parte superior de las paredes izquierda y derecha se observa una pequeña área de ventanas de paletas que permiten el ingreso de iluminación natural y pretenden facilitar el flujo de aire en el interior.
- Finalmente se realizó la inspección del techo de todo el auditorio. La parte superior de todo el edificio cuenta con un cielo falso de PVC que funciona como revestimiento de la parte superior de la estructura y apoya como aislante térmico alejando el calor del exterior e impidiendo que ingrese en exceso al ambiente interno. Con respecto a la iluminación, el auditorio cuenta con diversos tipos de lámparas para las diferentes actividades para las que se utiliza el salón. Se observan 15 lámparas de tubo fluorescente de gas argón. 30 lámparas incandescentes que luego de un largo tiempo en operación son capaces de transmitir bastante calor al ambiente.

2.1.2. Condiciones ambientales

Tal y como se mencionó en la problemática del proyecto, el auditorio de CGC no cuenta con ningún tipo de equipo o sistema de acondicionamiento de aire. Estando presentes en varios eventos que se han realizado en el auditorio, luego de cierto tiempo en el interior se puede llegar a tener una sensación de desconfort.

De acuerdo con la inspección del área, se llegó a las siguientes conclusiones:

- No existen suficientes vías para que el aire natural de exterior ingrese y fluya a través de las instalaciones, por lo que el ambiente se siente encerrado.
- No existen métodos de apoyo que influyan en la circulación y renovación del aire interno. Como por ejemplo ventiladores aéreos.
- Debido a que en el ingreso del edificio se presentan varios ventanales de grandes dimensiones, se permite el ingreso de luz natural. Sin embargo, esa luz natural es generadora de calor y el de larga exposición a lo largo del día.
- Como se mencionó anteriormente, luego de pasar largos períodos de tiempo en el interior, los integrantes del área transmiten una sensación de calor debido a las altas temperaturas, que en general, se generan por la exposición a los rayos solares. Las instalaciones del auditorio se encuentran expuestas a los rayos solares durante todo el día, por lo que, en horarios vespertinos, la carga térmica generada es considerable.

- Con respecto a la humedad del área, es seguro decir que las instalaciones de CGC se encuentran en una parte en donde las precipitaciones y lluvias son abundantes dependiendo de la temporada del año. Habiendo dicho esto, tras una exhaustiva observación, no se detectaron problemas o indicios de niveles de humedad que sean dañinos tanto para la infraestructura como para los integrantes. Al momento de permanecer dentro de las instalaciones, el aire se siente ligero y sin humedad excesiva.
- En temas de ruido, se considera que las instalaciones del auditorio de CGC se encuentran bien aisladas y no existen en su interior máquinas o equipos emisores de ruidos molestos. Cabe destacar que las instalaciones de CGC están ubicadas a un lado de la calle, en donde ocasionalmente circulan vehículos pesados, los cuales no suelen obstaculizar o intervenir con las actividades o eventos que se celebran dentro del auditorio.
- La calidad del aire interior es adecuada. No se detectó polvo excesivo ni partículas u olores extraños que generen molestias.

En conclusión, las condiciones ambientales y físicas generales de las instalaciones del auditorio de CGC son adecuadas y no requieren de trabajos adicionales para la posible instalación del sistema de acondicionamiento si se llegase a considerar la propuesta. Las condiciones actuales son idóneas para que un grupo considerable de personas habite el interior del área durante un período de tiempo sin que sientan molestias, sin embargo, siempre hay posibilidades de mejoras y eso es precisamente lo que se busca obtener con esta propuesta.

2.2. Factores generadores de cargas térmicas

Al finalizar la inspección general del área interna y externa del auditorio de CGC, fueron detectados una serie de factores que pueden llegar a generar cargas térmicas y afectar las condiciones de confort en el interior.

A continuación, se muestra una pequeña lista con los factores generadores y su nivel de incidencia con respecto a las condiciones ambientales internas. Cabe destacar que estos factores fueron detectados por medio de una inspección visual y el nivel de incidencia es como referencia, aún no se han efectuado cálculos para determinar a ciencia cierta el impacto que tienen en la realidad sobre las instalaciones. Ese proceso se llevará a cabo posterior a la identificación de estos y su consideración.

Tabla 1.

Factores generadores de cargas térmicas detectados

Factor	Nivel de incidencia
Exposición solar	Alta
Personas	Alta
Poca circulación de aire natural	Media
Iluminación artificial	Baja
Equipos audiovisuales	Baja

Nota. Cargas térmicas detectadas en el auditorio de CGC y su nivel de incidencia. Elaboración propia, realizado con Word.

2.3. Estudio teórico de equipos de acondicionamiento de aire y requerimientos técnicos

En la actualidad, existen diversos tipos de sistemas o equipos de acondicionamiento de aire y cada uno de ellos se desempeña de una manera diferente y tiene aplicaciones específicas según las capacidades y requerimientos técnicos del ambiente que se desea acondicionar.

Debido a la diversidad de equipos, es importante realizar un estudio general de los sistemas e identificar las opciones más viables para una determinada instalación.

Específicamente para este proyecto, se considerarán únicamente equipos de grandes dimensiones que tengan la capacidad energética necesaria para ambientar el auditorio de CGC. Por esa razón, equipos como los acondicionadores portátiles, de tipo Cassette, Split sencillos o bombas de calor no serán considerados.

Tomando en cuenta el volumen de aire a acondicionar, se considerarán los siguientes equipos para realizar una correcta selección de estos durante la fase de ejercicio profesional:

- Sistemas de acondicionamiento por ductería.
- Sistemas de acondicionamiento multi Split
- Aire acondicionado tipo paquete

Se investigarán estos equipos debido a que son los que mejor se adaptan según su funcionamiento y capacidad energética al área que deseamos ambientar.

Dependiendo de los requerimientos térmicos y tipo de instalación, se realizará la correcta selección del equipo a utilizar para elaborar la propuesta de acondicionamiento de aire para el auditorio.

Es importante mencionar que la etapa de selección se llevará a cabo durante la fase técnico profesional.

3. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

3.1. Determinación de la carga térmica

Para obtener los valores de las cargas térmicas generadas por diferentes factores se realizarán una serie de cálculos tomando en consideración factores como dimensión del área, materiales y ubicación. Posterior al cálculo de las cargas, se obtendrá un valor de carga térmica total que nos permitirá determinar el requerimiento de potencia del equipo para satisfacer las necesidades y brindar una sensación de confort en el ambiente. A continuación, se describe el proceso de los cálculos realizados para la obtención de la carga térmica total y requerimiento del equipo de acondicionamiento de aire:

Se clasificó el espacio a acondicionar como un ambiente para cines, teatros y auditorios.

Se definió que el horario de carga máxima de calor es de 12:00 – 16:00 hrs.

Se consideró que las instalaciones de CGC están a una altitud de 1500 m s.n.m.

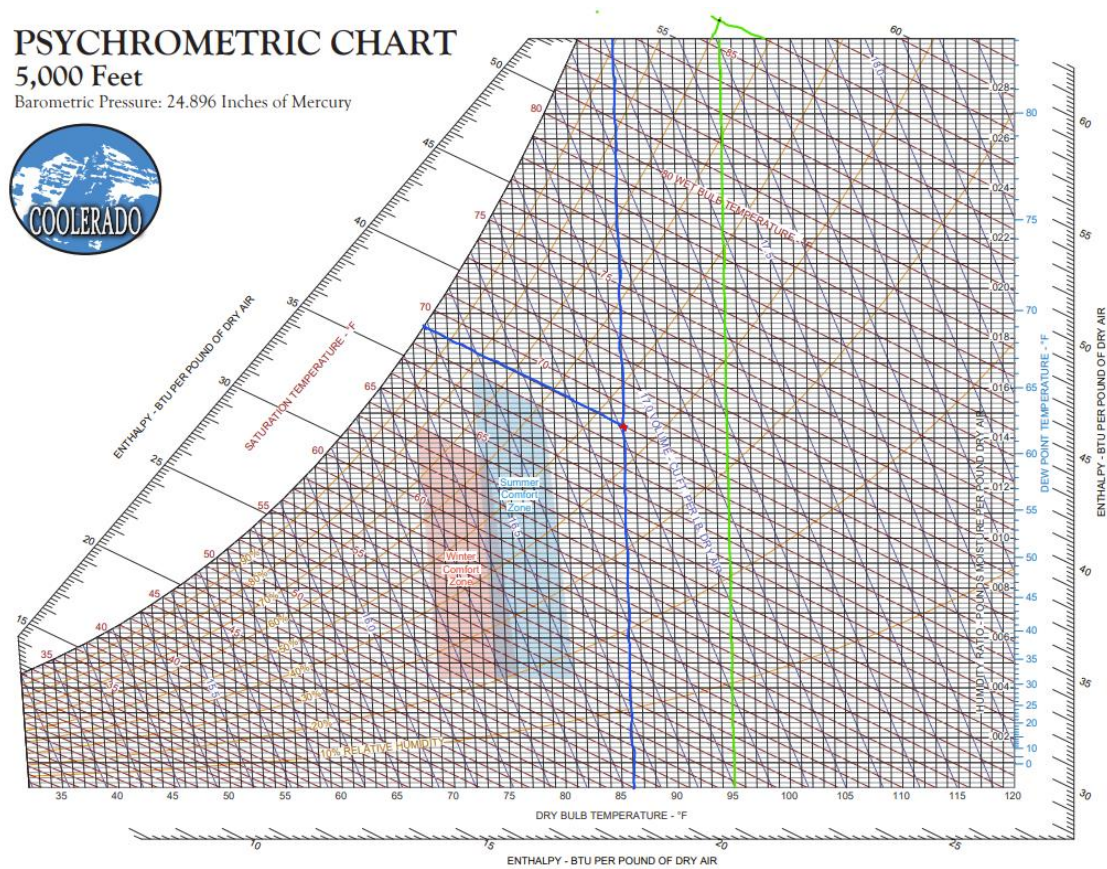
Consideraciones del clima interior y exterior:

- Se obtuvo la temperatura de bulbo seco tanto del interior como del exterior del auditorio. (La medida se obtiene con un termómetro común).

- Interior: 30 grados Celsius
- Exterior: 35 grados Celsius
- Se definió que el porcentaje de humedad relativa deseada es del 46 %. Los valores de confort rondan entre 45 % y 50 %.
- Posteriormente, se aplicó el método de la carta psicrométrica para obtener el valor de la temperatura de bulbo húmedo. Para ello, es necesario trazar una línea vertical sobre la temperatura de bulbo seco. Luego, se identifica la curva del porcentaje de humedad relativa y se marca el punto en donde ambos trazos se interceptan. Finalmente, se traza una línea inclinada hacia la parte superior izquierda hasta llegar a los valores de temperatura de bulbo húmedo. A continuación, se muestra la gráfica utilizada para determinar la temperatura de bulbo húmedo en el interior y exterior:

Figura 11.

Carta psicrométrica a 5000 ft s.n.m (1500 m)



Nota. Carta psicrométrica. Elaboración propia, realizado con Paint.

- Se procedió a ingresar los valores de temperatura obtenidos de la carta psicrométrica en una hoja de cálculo especialmente diseñada para el cálculo de cargas térmicas y toneladas de refrigeración requeridas para satisfacer las condiciones ambientales.

Figura 12.

Consideraciones del clima para el auditorio de CGC

1	CONDICIONES DE DISEÑO								
	Aplicación	Cines y Teatros							
	Hora pico (carga máxima) de calor/frío	14:00 - 17:00							
	Altura sobre nivel del mar (m):	1500							
	Consideraciones de clima	Verano		°F ΔT Verano	Δ GR/LB	Invierno		°F ΔT Invierno	Δ GR/LB
		Interior	Exterior			Interior	Exterior		
	Temperatura de bulbo seco (°F)	86	95						
	Temperatura de bulbo húmedo (°F)	69	86						
	Humedad relativa %	46	70						
	Granos de agua/Lb de aire	84	175	9	91			0	0

Nota. Consideraciones del clima para el auditorio de CGC. Elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 13.

Dimensiones del edificio y sus condiciones estructurales

2

DIMENSIONES DEL EDIFICIO				
Orientación	PAREDES			CARGA SENSIBLE POR, PAREDES, VENTANAS, TECHO, PISO
	Dimensión (m²)	Pared neta (m²)	Condicion de la pared	
NORTE	35	0	Exterior pesada sin aislamiento	
SUR	70	70	Exterior pesada sin aislamiento	
ESTE / NE / SE	140	140	Exterior pesada sin aislamiento	
OESTE / NO / SO	140	140	Exterior pesada sin aislamiento	
Orientación	VENTANAS			72 324,00 (Btu / h)
	Dimensión (m²)	Condicion de la ventana		
NORTE	35	Sin sombreado		
SUR		Con sombreado exterior		
ESTE / NE / SE		Sin sombreado		
OESTE / NO / SO		Con sombreado exterior		
TECHO				
Altura de techo (m)	5	Condición del techo:	Cielo falso sin aislamiento	
Altura al sobre techo (m)	1	Color del techo:	Claro	
Area del techo (m²)	392			
PISO				
Area del piso (m²)	392	Tipo de piso	Directo sobre tierra	
Volúmen total del edificio (m³)		1960		

Nota. Dimensiones del edificio y sus condiciones estructurales. Elaboración propia realizado con Excel.

Figura 14.

Carga térmica provocada por la presencia de personas

3	CARGA TÉRMICA POR PERSONAS		
	Máx. carga de personas:	200	CARGA SENSIBLE POR PERSONAS
	Actividad realizada:	Sentado en reposo	36 000,00 (Btu / h)
	Aplicación típica:	Escuela, teatro o iglesia	CARGA LATENTE POR PERSONAS
			30 000,00 (Btu / h)

Nota. Carga térmica provocada por la presencia de personas dentro del auditorio. Elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 15.

Carga térmica generada por las condiciones de ventilación

4	CARGA TÉRMICA VENTILACIÓN / INFILTRACIÓN		
			CARGA SENSIBLE POR VENTILACION
			12 285,00 (Btu / h)
	Extracción (CFM):	12	CARGA LATENTE VENTILACIÓN
			95 550,00 (Btu / h)

Nota. Carga térmica generada por las condiciones de ventilación. Elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 16.

Carga térmica generada por la presencia de equipos eléctricos

5

CARGA TÉRMICA POR ILUMINACIÓN / APARATOS				
Iluminación (watts):	1 200	Fluorescente		
Electrodomésticos / Otros aparatos				
Tipo	Consumo (Watts)	Cantidad	Factor Sensible	Factor Latente
Computadora	300	0	3,41	-
Microondas	1200	0	3,41	-
Refrigerador	650	0	3,41	-
Cafetera	-	0	770	230
Motores (HP)	-	0	2545	-
Estufa mediana (casa)	-	0	3200	1800
Secadora de cabello	-	0	2300	1800
Otros aparatos: (ver tabla)				
Proyector	568	1	3,41	0

Nota. Carga térmica generada por la presencia de equipos eléctricos. Elaboración propia, realizado con Excel.

- Al contar con los valores de la carga térmica generada por cada factor, se procedió a obtener el dato de la carga térmica total por medio de una suma.

Figura 17.

Carga térmica total del auditorio de CGC

REFRIGERACIÓN		
	Q sensible (Btu/h)	Q 1atent (Btu/h)
Por paredes	18200,00	-
Por techo	42924,00	-
Por piso	0,00	-
Por ventanas	11200,00	-
Aire / Infiltración	12285,00	95 550,00
Por personas	36000,00	30 000,00

Continuación de la tabla 17.

REFRIGERACIÓN		
	Q sensible (Btu/h)	Q latent (Btu/h)
Por aparatos	6068,44	0,00
Total	126 677,44	125 550,00
Carga total:		252 227,44

Nota. Carga térmica total. Elaboración propia, realizado con Excel.

Finalmente, se realizó la conversión de Btu/h a toneladas de refrigeración.

$$Ton_{ref} = \frac{Carga\ total\ (\frac{btu}{h})}{12000} \quad (Ec. 1)$$

Aplicando la Ecuación 1, se obtuvo el valor total de toneladas de refrigeración requeridas.

$$Ton_{ref} = \frac{252\ 227.44\ (\frac{btu}{h})}{12000}$$

$$Ton_{ref} = 21.02\ toneladas\ de\ refrigeración$$

El resultado obtenido indica que se le debe suministrar al auditorio un total de 21 toneladas de refrigeración para satisfacer las necesidades ambientales y obtener una sensación de confort.

Al momento de seleccionar un equipo de acondicionamiento, se debe tomar en cuenta su capacidad total. De no ser suficiente una unidad, es posible colocar 2 de igual dimensión que al sumarlas, sean capaces de entregar el total requerido.

3.2. Selección del equipo de acondicionamiento de aire

- ¿Por qué un equipo tipo paquete?

Se determinó que el equipo ideal para el auditorio de la Cámara Guatemalteca de la Construcción es de tipo paquete. Generalmente, para este tipo de aplicaciones se utiliza un equipo de acondicionamiento de aire de tipo paquete o central. Es de los más comunes en la industria y responden de excelente manera a las condiciones ambientales. Además, nos permiten distribuir la corriente de aire enfriado en el ambiente interno a través de ductos.

Las unidades de a/c tipo paquete son compactas y sencillas que contienen todos los elementos básicos del ciclo de refrigeración autocontenidos en un solo lugar. Este equipo se suele instalar en los techos de naves industriales, supermercados, residencias o centros comerciales. Se utilizan para acondicionar espacios determinados.

Se les considera equipos todo en uno. Estos sistemas son unidades robustas instaladas generalmente en el exterior y están diseñados para soportar las condiciones del clima. Una de sus funciones principales es distribuir el aire ya enfriado a través de los ductos que son instalados para llevar el aire dentro de las áreas determinadas.

Los elementos básicos que componen un equipo de aire tipo paquete son:

- Gabinete: se necesita para proteger todos los elementos eléctricos y mecánicos que se encuentran dentro de la unidad de la intemperie. Cuenta con paneles de acceso que permiten a los encargados de mantenimiento acceder a los componentes del equipo.
- Compresor: se encarga de elevar la presión del refrigerante hasta un punto determinado.
- Serpentín condensador y ventilador: se encargan de remover el calor del sistema para mantener las condiciones adecuadas para el enfriamiento. Regularmente estarán ubicados a un extremo de la unidad central.
- Ventilador de inyección de aire: es un ventilador centrífugo de polea y banda. Su función es arrastrar el aire del exterior para así distribuirlo al área por acondicionar.
- Válvula de expansión: regula la inyección de refrigerante líquido al serpentín evaporador. Se encarga de calentar o enfriar el aire agregando o removiendo la carga térmica que se tenga en el espacio acondicionado a través del refrigerante que pasa por el serpentín.
- Filtros de aire: purifican el aire que entra del exterior. Capturan las partículas de polvo o suciedad en las mallas de los filtros.

- Selección de equipo para el auditorio de CGC

Para fines de este proyecto en específico se realizó el cálculo de cargas térmicas en el ambiente del auditorio de CGC, y luego se obtuvo el dato de toneladas de refrigeración (ecuación 1) requerido para garantizar una sensación de confort en el ambiente acondicionado.

Debido a que 21 toneladas de refrigeración es un dato considerablemente grande, se decidió utilizar dos unidades tipo paquete de 10 toneladas cada uno para satisfacer los requerimientos ambientales del auditorio de CGC. Es importante considerar que el cálculo de cargas se realizó con los valores máximos de diseño y que regularmente no se llegan a alcanzar en el auditorio, por lo que se considera que los dos equipos seleccionados son suficientes para remover el calor generado y mejorar las condiciones de temperatura en el interior del edificio.

La unidad paquete de acondicionamiento de aire a utilizar en la instalación deberá cumplir con los siguientes requerimientos para satisfacer las necesidades ambientales del auditorio.

Tabla 2.

Requerimientos recomendados

Marca	Indefinido
Tipo de unidad	Paquete para refrigeración
Capacidad	10 a 12.5 Ton

Continuación de la tabla 2.

Capacidad de calentamiento	No es requerido debido a las condiciones climáticas de la región
-----------------------------------	--

Nota. Requerimientos recomendados de la unidad de acondicionamiento de aire. Elaboración propia, realizado con Excel.

- Ductería de distribución

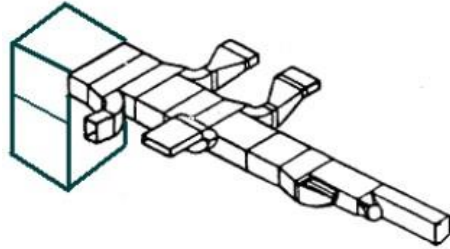
Posterior a la selección del equipo de acondicionamiento de aire se procedió a seleccionar el tipo de ductería que se utilizará para distribuir el aire al ambiente del auditorio.

Considerando los diferentes tipos según su forma y material, se tomó la decisión de utilizar ductos de chapa de aluminio para aire acondicionado con tronco de área transversal variable según los ramales y salidas.

Este tipo de ducto permite una correcta distribución del aire a lo largo del espacio que se desea acondicionar y nos asegura presencia de este en cada parte del trayecto.

Figura 18.

Ejemplo de un sistema de distribución de aire por ductos



Nota. Ductería de distribución. Obtenido de Confor Empresarial (2020). *Ductos de aire acondicionado*. (<https://www.conforempresarial.com/wp-content/uploads/2020/08/variacion-de-area.jpg>), consultado el 6 de octubre de 2023. De dominio público.

- Dimensionamiento de ductos para distribución del aire acondicionado del auditorio de CGC

Para el dimensionamiento de los ductos de distribución de aire acondicionado del auditorio de CGC nos apoyaremos con el *software* ductulador denominado Ocean HVAC. Se utilizó la metodología de dimensionamiento por pérdida de presión, la cual requiere de ciertas variables conocidas para su aplicación, entre ellas se encuentran las siguientes:

- Coeficiente de fricción
- CFM de la porción del ducto en cuestión
- Peralte del ducto

Una vez se cuenta con esos datos se puede dar inicio al proceso de dimensionamiento de cada tramo del ducto.

Es importante mencionar que el *software* ductulador entrega las medidas para un ducto redondo, por lo tanto, es necesario hacer la conversión a ducto rectangular. La manera en que se realiza es introduciendo el diámetro que nos brinda el *software* y el peralte deseado y el resultado obtenido es el ancho de cada tramo.

El proceso de dimensionamiento se dio de la siguiente manera:

- Ducto principal:

Tramo 1, donde:

- 8000 CFM
- Duct TEL (*total effective length*) = 39 ft (1200 cm)
- Peralte = 10 in
- Coeficiente de fricción = 0.1

Figura 19.

Dimensionamiento del primer tramo. 8000 CFM

Online Ductulator

Duct type: Metal ☒ Ductboard ☐ Flex ☐

Size by: Friction rate ☒ Velocity ☐

Friction Rate: 0.1 per 100 ft. in/wg

Duct TEL : 39 ft. * include fittings in the Duct TEL

Enter either: CFM: ☒ or Duct Size: ☐

CFM: 8000

Calculate

Diameter = 25.3" Velocity = 2292

Nota. Dimensionamiento del primer tramo. Elaboración propia, realizado con Online Ductulator.

Figura 20.

Conversión del primer tramo de redondo a rectangular

Convert Round duct to Rectangular Equivalent

Diameter: 25.3 inches Side 1: 10 inches (must enter one side to get the other)

Find second side

Second side: 65 "

Nota. Conversión del primer tramo. 8000 CFM. Elaboración propia, realizado con Online Ductulator.

Posteriormente se aplicó la siguiente conversión para obtener el dato en centímetros y facilitar el diseño de la ductería en AutoCAD.

$$65 \text{ in} * \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} = 165.1 \text{ cm} \quad (\text{Ec. 2})$$

En donde:

Ancho de T1 = 165 cm

Tramo 2, donde:

- 6000 CFM
- Duct TEL (*total effective length*) = 39 ft (1200 cm)
- Peralte = 10 in
- Coeficiente de fricción = 0.1

Figura 21.

Dimensionamiento del segundo tramo. 6000CFM

Online Ductulator

Duct type: Metal ☒ Ductboard ☐ Flex ☐

Size by: Friction rate ☒ Velocity ☐

Friction Rate: 0.1 per 100 ft. in/wg

Duct TEL : 39 ft. * include fittings in the Duct TEL

Enter either: CFM: ☒ or Duct Size: ☐

CFM: 6000

Calculate

Diameter = 22.7" Velocity = 2135

Nota. Dimensionamiento del segundo tramo. Elaboración propia, realizado con Online Ductulator.

Figura 22.

Conversión del segundo tramo de redondo a rectangular

Nota. Conversión del segundo tramo de redondo a rectangular. Elaboración propia, realizado con Online Ductulator.

Posteriormente se aplicó la siguiente conversión para obtener el dato en centímetros y facilitar el diseño de la ductería en AutoCAD.

$$49.9 \text{ in} * \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} = 126.75 \text{ cm} \quad (\text{Ec. 3})$$

En donde:

Ancho de T2 = 127 cm

Tramo 3, donde:

- 4000 CFM
- Duct TEL (*total effective length*) = 39 ft (1200 cm)
- Peralte = 10 in
- Coeficiente de fricción = 0.

Figura 23.

Dimensionamiento del tercer tramo. 4000CFM

Online Ductulator

Duct type: Metal ☒ Ductboard ☐ Flex ☐

Size by: Friction rate ☒ Velocity ☐

Friction Rate: 0.1 per 100 ft. in/wg

Duct TEL : 39 ft. * include fittings in the Duct TEL

Enter either: CFM: ☒ or Duct Size: ☐

CFM: 4000

Calculate

Diameter = 19.5" Velocity = 1929

Nota. Dimensionamiento del tercer tramo. Elaboración propia, realizado con Online Ductulator.

Figura 24.

Conversión del tercer tramo de redondo a rectangular

Convert Round duct to Rectangular Equivalent

Diameter: 19.5 inches Side 1: 10 inches (must enter one side to get the other)

Find second side

Second side: 34.9 "

Nota. Conversión del tercer tramo. Elaboración propia, realizado con Online Ductulator.

Posteriormente se aplicó la siguiente conversión para obtener el dato en centímetros y facilitar el diseño de la ductería en AutoCAD.

$$34.9 \text{ in} * \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} = 88.65 \text{ cm} \quad (\text{Ec. 4})$$

En donde:

Ancho de T3 = 89 cm

Tramo 4, donde:

- 2000 CFM
- Duct TEL (*total effective length*) = 39 ft (1200 cm)
- Peralte = 10 in
- Coeficiente de fricción = 0.1

Figura 25.

Dimensionamiento del cuarto tramo. 2000CFM

Online Ductulator

Duct type: Metal ☒ Ductboard ☐ Flex ☐

Size by: Friction rate ☒ Velocity ☐

Friction Rate: per 100 ft. in/wg

Duct TEL : ft. * include fittings in the Duct TEL

Enter either: CFM: ☒ or Duct Size: ☐

CFM:

Diameter = 15" Velocity = 1630

Nota. Dimensionamiento del cuarto tramo. Elaboración propia, realizado con Online Ductulator.

Figura 26.

Conversión del cuarto tramo de redondo a rectangular

Nota. Conversión del cuarto tramo. Elaboración propia, realizado con Online Ductulator.

Posteriormente se aplicó la siguiente conversión para obtener el dato en centímetros y facilitar el diseño de la ductería en AutoCAD.

$$19.4 \text{ in} * \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} = 49.28 \text{ cm} \quad (\text{Ec. 5})$$

En donde:

Ancho de T4 = 50 cm

- Ramales secundarios

Ramal 1, donde:

- 1000 CFM
- Duct TEL (*total effective length*) = 39 ft (1200 cm)
- Peralte = 8 in
- Coeficiente de fricción = 0.1

Figura 27.

Dimensionamiento del primer ramal

Online Ductulator

Duct type: Metal ☒ Ductboard ☐ Flex ☐

Size by: Friction rate ☒ Velocity ☐

Friction Rate: 0.1 per 100 ft. in/wg

Duct TEL : 39 ft. * include fittings in the Duct TEL

Enter either: CFM: ☒ or Duct Size: ☐

CFM: 1000

Calculate

Diameter = 11.5" Velocity = 1386

Nota. Dimensionamiento del ramal. Elaboración propia, realizado con Online Ductulator.

Figura 28.

Conversión del primer ramal de redondo a rectangular

Convert Round duct to Rectangular Equivalent

Diameter: 11.5 inches Side 1: 8 inches (must enter one side to get the other)

Find second side

Second side: 14.1 "

Nota. Conversión del primer ramal. Elaboración propia, realizado con Online Ductulator.

Posteriormente se aplicó la siguiente conversión para obtener el dato en centímetros y facilitar el diseño de la ductería en AutoCAD.

$$14.1 \text{ in} * \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} = 35.81 \text{ cm} \quad (\text{Ec. 6})$$

En donde:

Ancho de R1 = 36 cm

Ramal 2, donde:

- 1000 CFM
- Duct TEL (*total effective length*) = 39 ft (1200 cm)
- Peralte = 8 in
- Coeficiente de fricción = 0.1

Figura 29.

Dimensionamiento del segundo ramal

Online Ductulator

Duct type: Metal ☒ Ductboard ☐ Flex ☐

Size by: Friction rate ☒ Velocity ☐

Friction Rate: per 100 ft. in/wg

Duct TEL : ft. * include fittings in the Duct TEL

Enter either: CFM: ☒ or Duct Size: ☐

CFM:

Diameter = 11.5" Velocity = 1386

Nota. Dimensionamiento del ramal. Elaboración propia, realizado con Online Ductulator.

Figura 30.

Conversión del segundo ramal de redondo a rectangular

Nota. Conversión del segundo ramal. Elaboración propia, realizado con Online Ductulator.

Posteriormente se aplicó la siguiente conversión para obtener el dato en centímetros y facilitar el diseño de la ductería en AutoCAD.

$$14.1 \text{ in} * \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} = 35.81 \text{ cm} \quad (\text{Ec. 7})$$

En donde:

Ancho de R2 = 35 cm

Ramal 3, donde:

- 1000 CFM
- Duct TEL (*total effective length*) = 39 ft (1200 cm)
- Peralte = 8 in
- Coeficiente de fricción = 0.1

Figura 31.

Dimensionamiento del tercer ramal

Online Ductulator

Duct type: Metal ☒ Ductboard ☐ Flex ☐

Size by: Friction rate ☒ Velocity ☐

Friction Rate: per 100 ft. in/wg

Duct TEL : ft. * include fittings in the Duct TEL

Enter either: CFM: ☒ or Duct Size: ☐

CFM:

Diameter = 11.5" Velocity = 1386

Nota. Dimensionamiento del ramal. Elaboración propia, realizado con Online Ductulator.

Figura 32.

Conversión del tercer ramal de redondo a rectangular

Convert Round duct to Rectangular Equivalent

Diameter: inches Side 1: inches (must enter one side to get the other)

Second side: 14.1 "

Nota. Conversión del tercer ramal. Elaboración propia, realizado con Online Ductulator.

Posteriormente se aplicó la siguiente conversión para obtener el dato en centímetros y facilitar el diseño de la ductería en AutoCAD.

$$14.1 \text{ in} * \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} = 35.81 \text{ cm} \quad (\text{Ec. 8})$$

En donde:

Ancho de R3 = 36 cm

Ramal 4, donde:

- 1000 CFM
- Duct TEL (*total effective length*) = 39 ft (1200 cm)
- Peralte = 8 in
- Coeficiente de fricción = 0.1

Figura 33.

Dimensionamiento del cuarto ramal

Online Ductulator

Duct type: Metal ☒ Ductboard ☐ Flex ☐

Size by: Friction rate ☒ Velocity ☐

Friction Rate: per 100 ft. in/wg

Duct TEL : ft. * include fittings in the Duct TEL

Enter either: CFM: ☒ or Duct Size: ☐

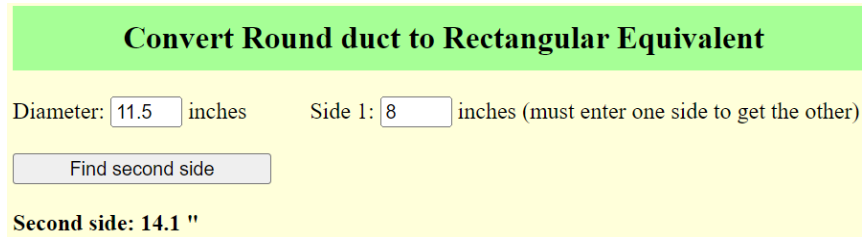
CFM:

Diameter = 11.5" Velocity = 1386

Nota. Dimensionamiento del ramal. Elaboración propia, realizado con Online Ductulator.

Figura 34.

Conversión del tercer ramal de redondo a rectangular



Convert Round duct to Rectangular Equivalent

Diameter: inches Side 1: inches (must enter one side to get the other)

Second side: 14.1 "

Nota. Conversión del tercer ramal. Elaboración propia, realizado con Online Ductulator.

Posteriormente se aplicó la siguiente conversión para obtener el dato en centímetros y facilitar el diseño de la ductería en AutoCAD.

$$14.1 \text{ in} * \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} = 35.81 \text{ cm} \quad (\text{Ec. 9})$$

En donde:

Ancho de R3 = 36 cm

El dimensionamiento de los ramales se realizó únicamente para un lado debido a que el sistema es simétrico. De esa manera, las dimensiones de todos los ramales de distribución resultaron de la siguiente forma:

- R1 = R5
- R2 = R6
- R3 = R7
- R4 = R8

- Ductería de retorno

Retorno 1, donde:

- 4000 CFM
- Duct TEL (Total effective length) = 39 ft (1200 cm)
- Peralte = 10 in
- Coeficiente de fricción = 0.1

Figura 35.

Dimensionamiento del primer ducto de retorno 4000CFM

Online Ductulator

Duct type: Metal ☒ Ductboard ☐ Flex ☐

Size by: Friction rate ☒ Velocity ☐

Friction Rate: per 100 ft. in/wg

Duct TEL : ft. * include fittings in the Duct TEL

Enter either: CFM: ☒ or Duct Size: ☐

CFM:

Diameter = 19.5" Velocity = 1929

Nota. Dimensionamiento del primer ducto de retorno. Elaboración propia, realizado con Online Ductulator.

Figura 36.

Conversión del ducto de retorno de redondo a rectangular

Nota. Conversión del ducto de retorno. Elaboración propia, realizado con Online Ductulator.

Posteriormente se aplicó la siguiente conversión para obtener el dato en centímetros y facilitar el diseño de la ductería en AutoCAD.

$$34.9 \text{ in} * \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} = 88.65 \text{ cm} \quad (\text{Ec. 10})$$

En donde:

Ancho de Rt1 = 89 cm

Retorno 2, donde:

- 4000 CFM
- Duct TEL (Total effective length) = 39 ft (1200 cm)
- Peralte = 10 in
- Coeficiente de fricción = 0.1

Figura 37.

Dimensionamiento del segundo ducto de retorno 4000CFM

Online Ductulator

Duct type: Metal ☒ Ductboard ☐ Flex ☐

Size by: Friction rate ☒ Velocity ☐

Friction Rate: 0.1 per 100 ft. in/wg

Duct TEL : 39 ft. * include fittings in the Duct TEL

Enter either: CFM: ☒ or Duct Size: ☐

CFM: 4000

Calculate

Diameter = 19.5" Velocity = 1929

Nota. Dimensionamiento del segundo ducto de retorno. Elaboración propia, realizado con Online Ductulator.

Figura 38.

Conversión del ducto de retorno de redondo a rectangular

Convert Round duct to Rectangular Equivalent

Diameter: 19.5 inches Side 1: 10 inches (must enter one side to get the other)

Find second side

Second side: 34.9 "

Nota. Conversión del ducto de retorno. Elaboración propia, realizado con Online Ductulator.

Posteriormente se aplicó la siguiente conversión para obtener el dato en centímetros y facilitar el diseño de la ductería en AutoCAD.

$$34.9 \text{ in} * \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} = 88.65 \text{ cm} \quad (\text{Ec. 11})$$

En donde:

Ancho de Rt2 = 89 cm

- Compuertas para ramales secundarios

Las compuertas serán calculadas por tramo, por lo tanto, cada tramo está conformado por dos compuertas de las mismas dimensiones.

Para el cálculo de las compuertas se tomó en cuenta los CFM del tramo, el ancho del ducto principal y los CFM del ramal.

Se utilizará la siguiente ecuación para obtener el valor la altura de apertura de cada compuerta:

$$X = \frac{(CFM \text{ ramal})(Ancho \text{ tramo})}{(CFM \text{ tramo})} \quad (Ec. 12)$$

- Compuertas primer tramo

Donde:

T1 = 8000 CFM

Ancho T1 = 65 in

R1 = 1000 CFM

X = altura vertical de apertura

Posteriormente se aplicó la siguiente ecuación para obtener el valor de la altura de apertura de la compuerta:

$$X = \frac{(1000)(65)}{8000} = 8.13 \text{ in} \quad (\text{Ec. 13})$$

Para fines de diseño se realizó la conversión de X a centímetros aplicando la siguiente ecuación:

$$(8.13)\text{in} * (2.54)\text{cm} = 20.65 \text{ cm} \quad (\text{Ec. 14})$$

Para fines de diseño se aproximó el valor obtenido al entero siguiente. Por lo tanto, la apertura para las compuertas del primer tramo es de $X = 21 \text{ cm}$.

- Compuertas segundo tramo

Donde:

T2 = 6000 CFM

Ancho T2 = 49.9 in

R2 = 1000 CFM

X = altura vertical de apertura

Posteriormente se aplicó la siguiente ecuación para obtener el valor de la altura de apertura de la compuerta:

$$X = \frac{(1000)(49.9)}{6000} = 8.32 \text{ in} \quad (\text{Ec. 15})$$

Para fines de diseño se realizó la conversión de "X" a centímetros aplicando la siguiente ecuación:

$$(8.32)\text{in} * (2.54)\text{cm} = 21.13 \text{ cm} \quad (\text{Ec. 16})$$

Para fines de diseño se aproximó el valor obtenido al entero siguiente. Por lo tanto, la apertura para las compuertas del primer tramo es de $X = 22$ cm.

- Compuertas tercer tramo

Donde:

$$T3 = 3000 \text{ CFM}$$

$$\text{Ancho } T3 = 34.9 \text{ in}$$

$$R3 = 1000 \text{ CFM}$$

$$X = \text{altura vertical de apertura}$$

Posteriormente se aplicó la siguiente ecuación para obtener el valor de la altura de apertura de la compuerta:

$$X = \frac{(1000)(34.9)}{4000} = 8.73 \text{ in} \quad (\text{Ec. 17})$$

Para fines de diseño se realizó la conversión de “X” a centímetros aplicando la siguiente ecuación:

$$(8.73)\text{in} * (2.54)\text{cm} = 22.17 \text{ cm} \quad (\text{Ec. 18})$$

Para fines de diseño se aproximó el valor obtenido al entero siguiente. Por lo tanto, la apertura para las compuertas del primer tramo es de $X = 23$ cm.

- Compuertas cuarto tramo

Donde:

T4 = 2000 CFM

Ancho T4 = 19.4 in

R4 = 1000 CFM

X = altura vertical de apertura

Posteriormente se aplicó la siguiente ecuación para obtener el valor de la altura de apertura de la compuerta:

$$X = \frac{(1000)(19.4)}{2000} = 9.7 \text{ in} \quad (\text{Ec. 19})$$

Para fines de diseño se realizó la conversión de X a centímetros aplicando la siguiente ecuación:

$$(9.7)\text{in} * (2.54)\text{cm} = 24.6 \text{ cm} \quad (\text{Ec. 20})$$

Para fines de diseño se aproximó el valor obtenido al entero siguiente. Por lo tanto, la apertura para las compuertas del primer tramo es de X = 25 cm.

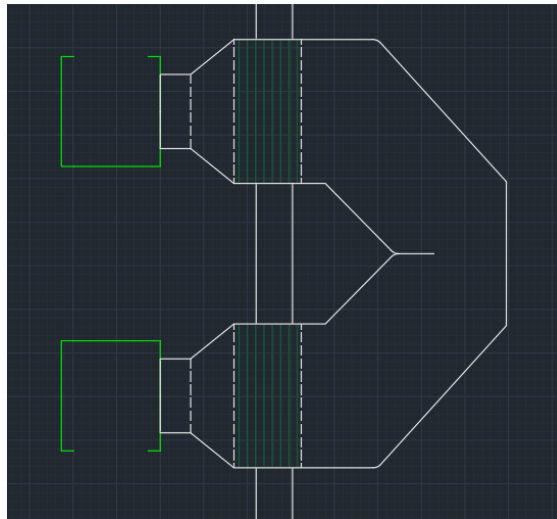
- Diseño del sistema propuesto en AutoCAD 2023 y Photoshop

Tomando todas las medidas obtenidas tanto del ductulador en línea y los cálculos realizados, se procedió a diseñar el sistema propuesto para el auditorio de la Cámara Guatemalteca de la Construcción por medio del *software* de diseño AutoCAD mostrado en la (figura 44).

Para mostrar de una manera más gráfica el sistema propuesto, se elaboró un sketch 3D en el *software* de diseño Photoshop mostrado en la (figura 45), de esta forma se puede apreciar la forma en la que se incorporaría el sistema a la infraestructura del auditorio de CGC.

Figura 39.

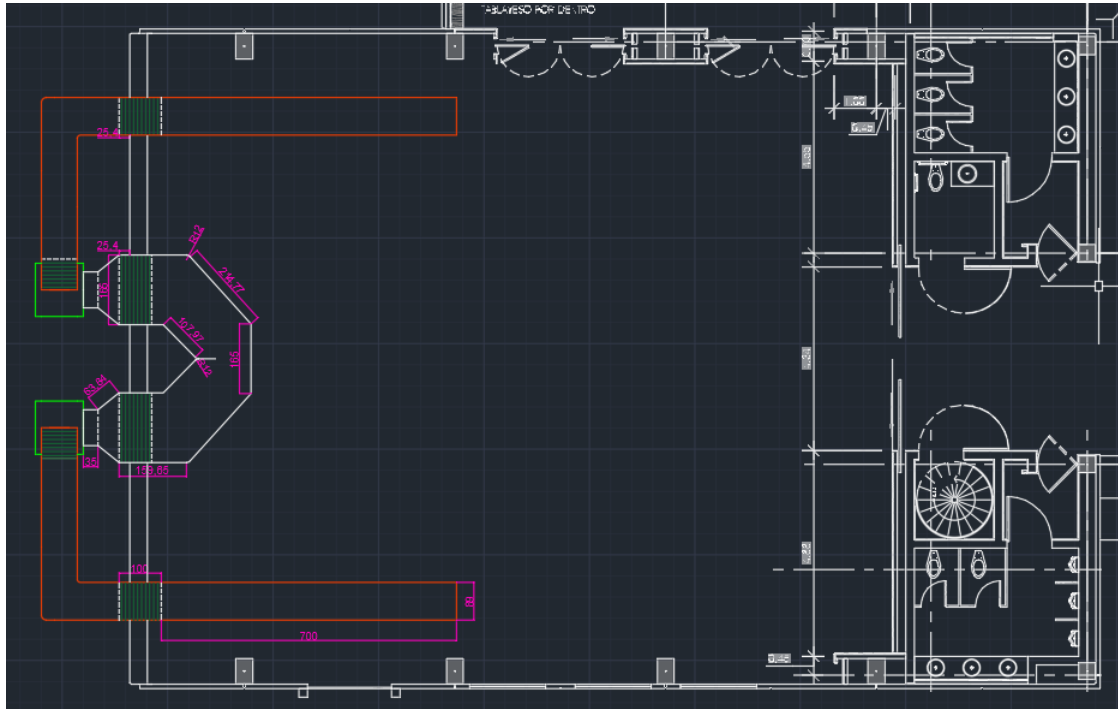
Proceso de diseño de la unión de las dos unidades tipo paquete



Nota. Proceso de diseño. Elaboración propia, realizado con AutoCAD 2023.

Figura 40.

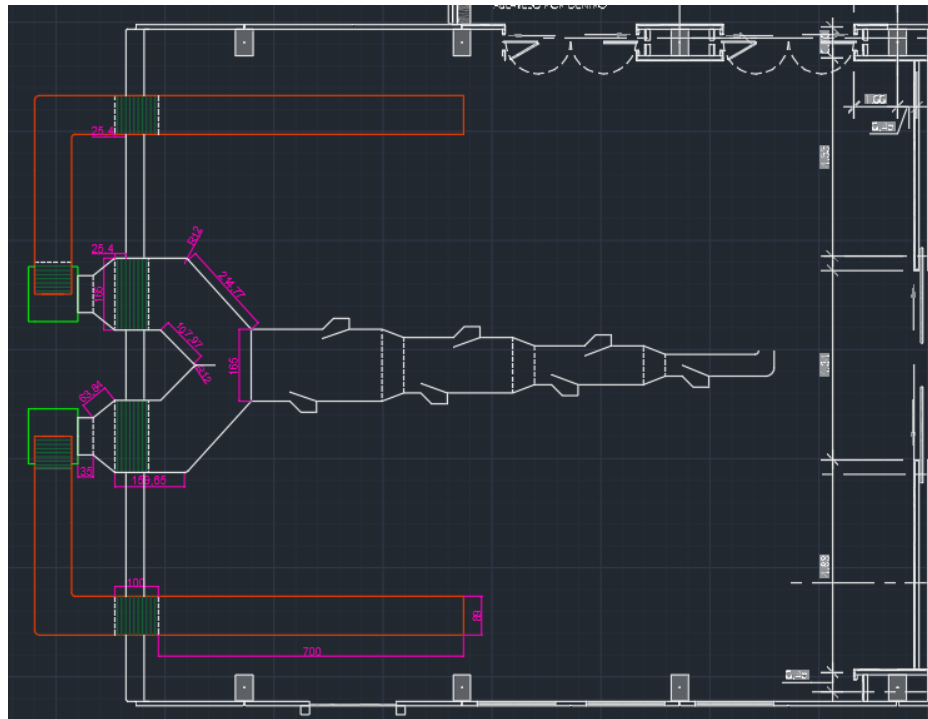
Diseño de los ductos de retorno



Nota. Mapa de diseño de ductos. Elaboración propia, realizado con AutoCAD 2023.

Figura 41.

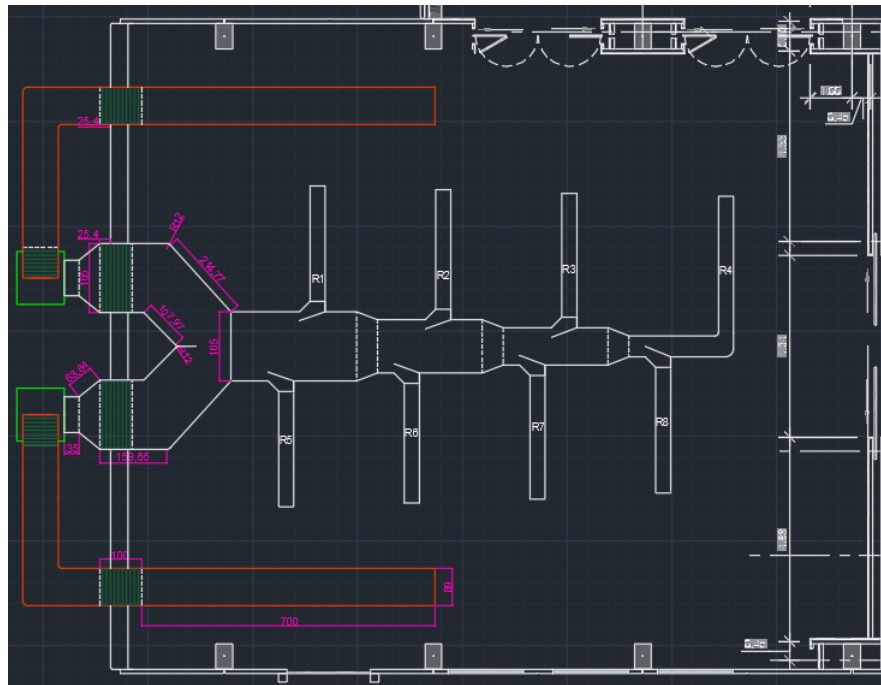
Diseño del tramo de ductería principal



Nota. Mapa de diseño de ductos. Elaboración propia, realizado con AutoCAD 2023.

Figura 42.

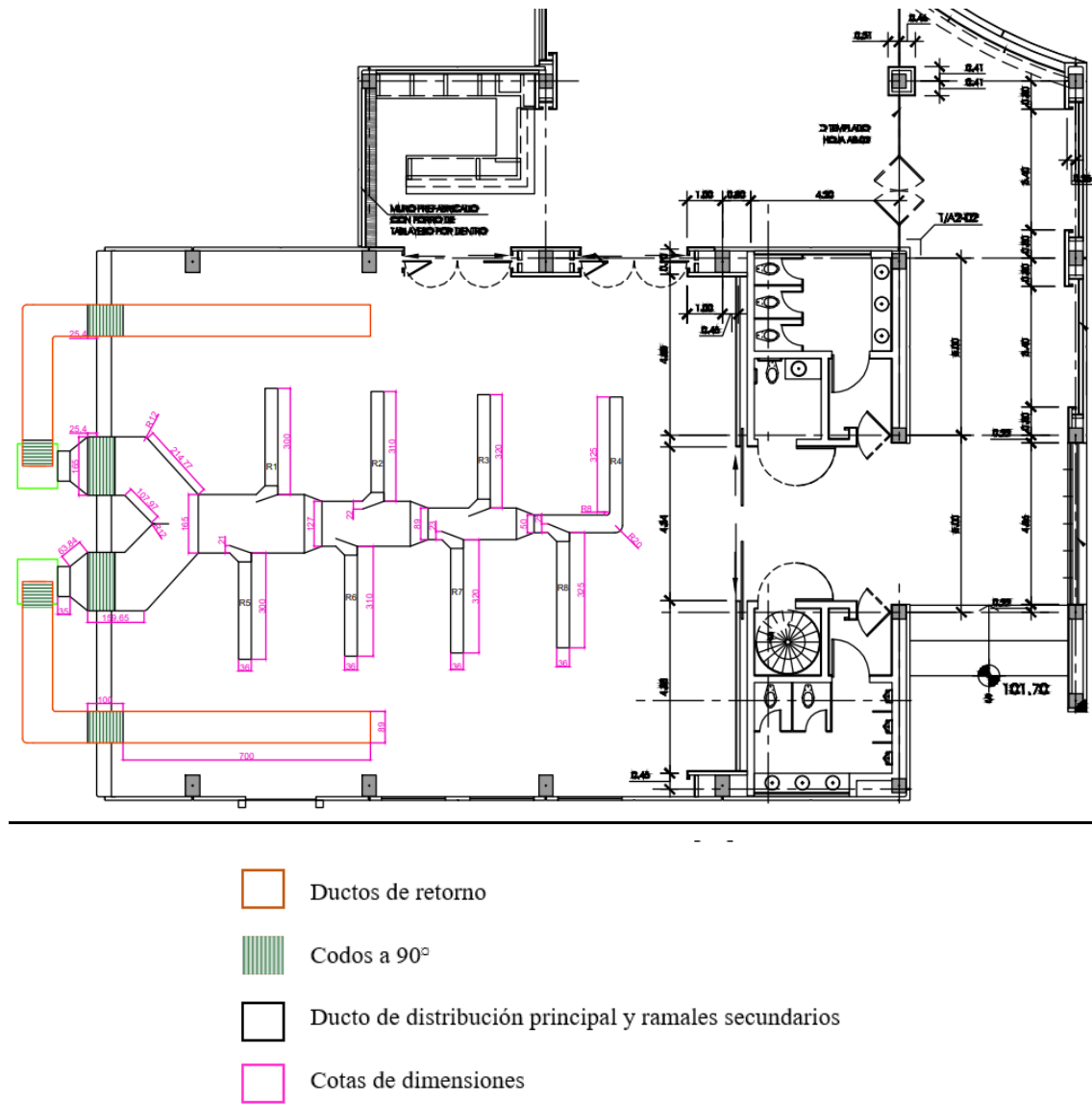
Diseño de los ramales secundarios de distribución



Nota. Mapa de diseño de ductos. Elaboración propia, realizado con AutoCAD 2023.

Figura 43.

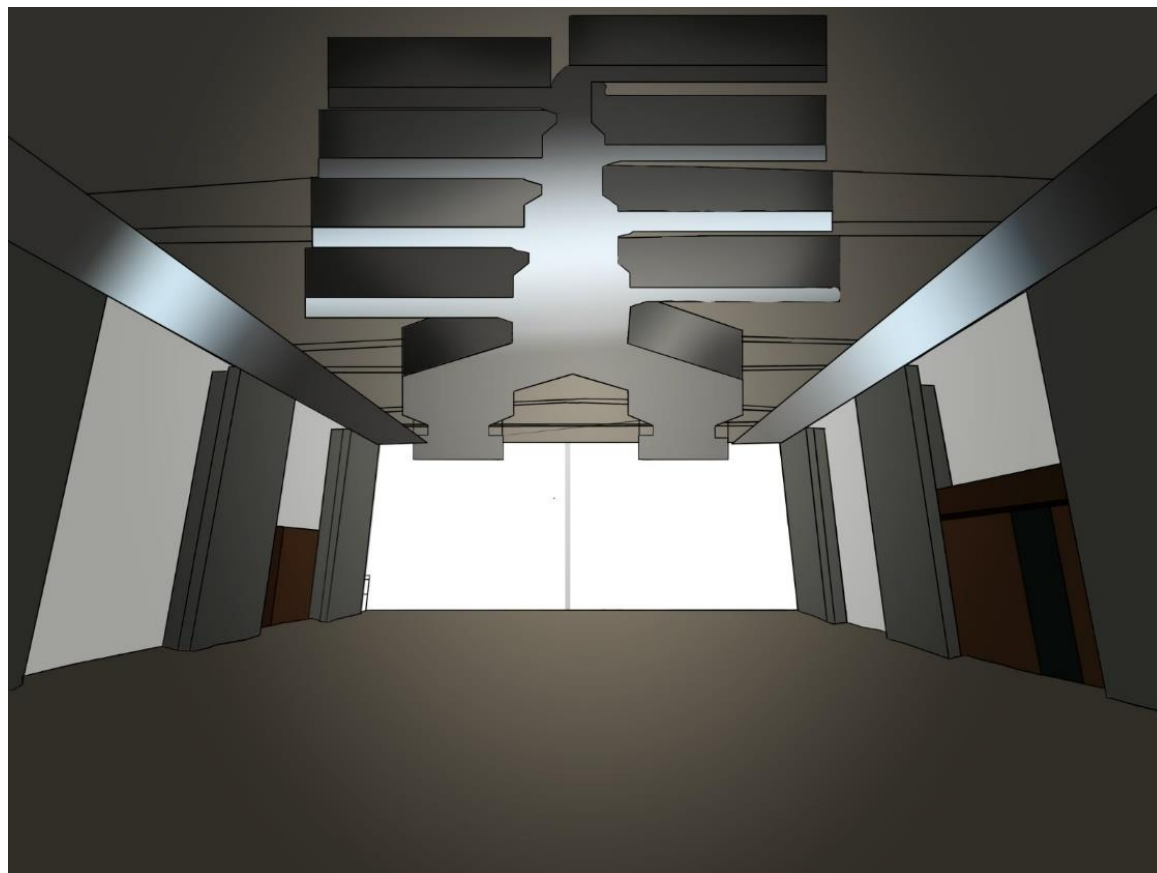
Propuesta del sistema de acondicionamiento de aire



Nota. Plano 2D de propuesta de diseño de sistema de acondicionamiento de aire para el auditorio de la Cámara Guatemalteca de la Construcción. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Figura 44.

Sketch 3D del sistema de acondicionamiento de aire



Nota. Sketch Auditorio CGC. Elaboración propia, realizado con Photoshop.

Figura 45.

Interior del auditorio de CGC



Nota. Interior del auditorio de la Cámara Guatemalteca de la Construcción. Elaboración propia.

Figura 46.

Ingreso al auditorio de CGC



Nota. Ingreso al auditorio de CGC. Elaboración propia.

- Anclaje de la ductería de distribución de aire acondicionado

El anclaje para los soportes de los ductos de aire acondicionado debe realizarse directamente sobre elementos estructurales, de tal forma que se garantice la estabilidad del ducto y se eviten ruidos por vibraciones excesivas.

La infraestructura del auditorio de CGC cuenta con numerosas vigas de concreto transversales que van a lo largo de toda la estructura, por lo cual resulta sencillo el anclaje del sistema sin requerir demasiadas intervenciones. Para el proceso de anclaje se utilizarán varillas metálicas que cumplirán la función de sostener el peso del sistema y las mismas irán atornilladas a la estructura de concreto del auditorio.

- Proceso de instalación del sistema de acondicionamiento de aire

Para la instalación de los anclajes se deberán realizar perforaciones en la estructura de concreto del auditorio de CGC.

Cada par de varillas deberá ir unido por una varilla transversal ubicada por debajo del ducto rectangular, de manera que el ducto descansa sobre ésta. (ver figura 46).

Cada tramo de ductería principal deberá llevar soporte en ambos extremos para asegurarse que sea un anclaje rígido.

Debido a la longitud de los ramales de distribución, los soportes de colocarán a partir de la parte media hacia el extremo final. De modo que cada ramal cuente con dos soportes en total.

Figura 47.

Ejemplo de varillas de anclaje para ductos de aire



Nota. Ejemplo de varillas de anclaje para ductos de aire acondicionado. Obtenido de IndiaMart. (s.f.). AC Ducting. (<https://www.indiamart.com/galaxyaircon/ac-ducting.html>), consultado el 12 de septiembre. De dominio público.

Durante el proceso de instalación de deben tomar en cuenta las siguientes medidas preventivas:

Usar puntos fijos al sujetar la línea de vida cuando se ancle de una estructura, al realizar el trabajo de colocación de ductos en alturas

- Mantener ordenada y limpia el área de trabajo
- Prohibir el uso de arneses remachados
- Montaje de las unidades de acondicionamiento de aire tipo paquete

Cada unidad exterior de acondicionamiento de aire deberá ir montada sobre una base firme y segura, la cual permita que el equipo se desempeñe de manera óptima. El proceso de montaje se debe realizar de la siguiente manera:

La unidad de acondicionamiento de aire deberá posarse sobre una plancha de concreto firme que permita brindar un soporte sólido al equipo. Las dimensiones de la plancha de concreto dependerán del tamaño de la unidad.

Debido a la naturaleza de los equipos de acondicionamiento de aire, estos tienen a generar fuertes vibraciones y ruido durante su operación. Por esa razón, es indispensable colocar bases aisladoras de vibraciones en el equipo.

- Aislamiento de los ductos de aire acondicionado

Es importante que los ductos de distribución y retorno del sistema de acondicionamiento de aire del auditorio se encuentren aislados. Esto permitirá reducir los cambios de temperatura durante el trayecto del flujo.

Para el sistema de acondicionamiento del auditorio de CGC se recomienda utilizar un aislamiento de fibra de vidrio.

El tipo de aislamiento debe ser de revestimiento interno, este proceso se aplica al interior de un conducto de chapa metálica rectangular como el de la presente propuesta y entregará los siguientes beneficios al sistema propuesto:

- Conservación de la temperatura del aire entregado por el equipo.
- Permite una distribución del aire de manera silenciosa.
- Evita la generación de moho y otro factor orgánico que afecte la calidad del aire interno.
- Controla la condensación.

4. FASE DOCENTE

La fase docente tiene un enfoque directo en el personal de mantenimiento de la Cámara Guatemalteca de la Construcción. El equipo de mantenimiento está a cargo de preservar las instalaciones y llevar a cabo el montaje y logística interna para cualquier evento que se realice dentro de los salones de la institución.

Durante la ejecución de la fase de docencia, el objetivo es lograr que el personal de mantenimiento conozca la manera en la que opera un equipo de acondicionamiento de aire y el funcionamiento de sus componentes.

Para dicha fase, se elaboró un pequeño manual con explicación del funcionamiento básico del sistema y una pequeña guía de tareas de mantenimiento para preservar el equipo en óptimas condiciones. Es importante destacar que este manual no sustituye aquellas tareas de mantenimiento muy específicas o que puedan considerarse invasivas, el personal de mantenimiento de CGC podrá realizar ciertas tareas que nos permita mantener el equipo. Para acciones preventivas o correctivas más profesionales, se deberá contratar a una empresa que cuente con las herramientas y la experiencia requerida para llevar a cabo dichas tareas.

Se llevó a cabo una pequeña capacitación con el personal de mantenimiento de CGC, en donde se presentó la guía suministrada a cada uno. La información proporcionada es una pequeña muestra para que ellos, como personal de mantenimiento, sean capaces de realizar tareas generales o básicas para alargar la vida útil de equipo. Sin embargo, para actividades de mantenimiento donde se involucran tareas más invasivas, se debe contactar a una empresa que se especialice directamente en brindar mantenimiento a sistemas de aire acondicionado.

Figura 48.

Capacitación básica sobre equipos de A/C



Nota. Capacitación básica sobre equipos de acondicionamiento de aire con el personal de mantenimiento de CGC. Elaboración propia.

A continuación, se muestra la guía básica de mantenimiento general que le fue entregada al personal de mantenimiento de CGC.

4.1. Guía básica del sistema de acondicionamiento de aire para el auditorio de CGC

Como toda máquina, los equipos de acondicionamiento de aire poseen un sistema operativo compuesto por varios elementos que, mediante un proceso ordenado, consiguen alterar las condiciones de temperatura y humedad de un ambiente determinado. En esta ocasión, es muy importante que el personal de mantenimiento comprenda el funcionamiento básico del equipo propuesto para facilitar su manipulación y mantenimiento preventivo.

4.1.1. Funcionamiento de un equipo de aire acondicionado

El sistema de acondicionamiento de aire para el auditorio de la Cámara Guatemalteca de la Construcción funciona a partir de un equipo tipo paquete.

Se les considera equipos todo en uno. Estos sistemas son unidades robustas instaladas generalmente en el exterior y están diseñados para soportar las condiciones del clima. Una de sus funciones principales es distribuir el aire ya enfriado a través de los ductos que son instalados para llevar el aire dentro de las áreas determinadas.

Los elementos básicos que componen un equipo de aire tipo paquete son:

- **Gabinete:** se necesita para proteger todos los elementos eléctricos y mecánicos que se encuentran dentro de la unidad de la intemperie. Cuenta con paneles de acceso que permiten a los encargados de mantenimiento acceder a los componentes del equipo.

- Compresor: se encarga de elevar la presión del refrigerante hasta un punto determinado.
- Serpentín condensador y ventilador: se encargan de remover el calor del sistema para mantener las condiciones adecuadas para el enfriamiento. Regularmente estarán ubicados a un extremo de la unidad central.
- Ventilador de inyección de aire: es un ventilador centrífugo de polea y banda. Su función es arrastrar el aire del exterior para así distribuirlo al área por acondicionar.
- Válvula de expansión: regula la inyección de refrigerante líquido al serpentín evaporador. Se encarga de calentar o enfriar el aire agregando o removiendo la carga térmica que se tenga en el espacio acondicionado a través del refrigerante que pasa por el serpentín.
- Filtros de aire: purifican el aire que entra del exterior. Capturan las partículas de polvo o suciedad en las mallas de los filtros.

4.1.2. ¿Cómo funciona un ciclo de refrigeración?

Un ciclo de acondicionamiento de aire está compuesto por una serie de elementos los cuales trabajan en conjunto para remover el calor de un ambiente determinado. Cada componente cumple una función especial que le permite al sistema operar de una manera adecuada. Los ciclos de refrigeración están separados por una fase de baja presión y otra de alta presión.

A continuación, se muestran los elementos que conforman un ciclo básico de refrigeración de manera general:

- Compresor: éste es quien crea la fase de alta presión, se encarga de tomar el gas e incrementar su presión para enviarlo al condensador.
- Condensador: el condensador es el encargado de transformar el gas de vapor a líquido, y es durante este proceso que se libera el calor hacia el ambiente.
- Válvula de expansión: la válvula de expansión es la encargada de dar entrada a la fase de baja presión. Lo hace por medio del estrangulamiento del líquido condensado, proceso durante el cual se reduce la presión del flujo y se direcciona a la siguiente etapa.
- Evaporador: el evaporador es el componente encargado de remover el calor del ambiente. Mediante el cambio de fase líquida a vapor, el refrigerante absorbe el calor del ambiente. Luego de este proceso, el ciclo vuelve a repetirse.

4.1.3. Cómo funciona el sistema propuesto para el acondicionamiento de aire del auditorio de CGC

El sistema propuesto para el acondicionamiento de CGC se diseñó de una manera que el ambiente alcance una temperatura de confort en cualquier punto del lugar. El aire será enfriado a través de dos unidades tipo paquete de 10 toneladas de refrigeración cada uno. Lo cual generará un total de 20 toneladas de refrigeración, cantidad que satisface las necesidades ambientales del lugar.

Para la distribución del aire a través del espacio se diseñó un sistema de ductos rectangulares de chapa metálica que permiten dirigir el aire hacia varios puntos al mismo tiempo. La distribución de la ductería se diseñó de tal manera que el aire sea capaz de fluir sin demasiadas restricciones.

Debido a los usos que se le da al auditorio, es importante que el sistema no genere un ruido excesivo durante la operación e interrumpa las actividades, reuniones o conferencias que tomen lugar dentro de las instalaciones.

El sistema de acondicionamiento de aire propuesto brindará comodidad a los usuarios del auditorio y les permitirá disfrutar de su evento en todo momento sin importar la duración o aforo de este.

4.1.4. Mantenimiento del sistema de acondicionamiento de aire

Es importante tomar en cuenta que, para actividades de mantenimiento muy específicas, Cámara Guatemalteca de la Construcción debe subcontratar a una empresa especializada en el mantenimiento de equipos y sistemas de acondicionamiento de aire.

Las actividades listadas a continuación, son aquellas que deberán ser realizadas por el equipo de mantenimiento de Cámara Guatemalteca de la Construcción de manera periódica para alargar la vida útil del equipo y evitar su deterioro

- Cambio de filtros de aire: es importante programar un cambio de filtro de manera periódica para evitar que partículas dañinas indeseadas ingresen al sistema. Esto también permitirá mantener la limpieza dentro de los ductos.

- Inspección visual de los conductos: revisar de manera periódica los ductos de distribución del aire permitirá detectar fugas, humedad y contaminantes.
- Limpieza de los ductos: si polvo u otros residuos son detectados durante la inspección, éstos deberán limpiarse de acuerdo con la Norma ACR 2013 de la National Air Duct Cleaning Association (NADCA). La NADCA ACR 2013 requiere que la limpieza del sistema de acondicionamiento bajo una presión negativa continua. La presión negativa continua se logra mediante el uso de una máquina de aire negativa y un método de agitación.
- Método de agitación de barrido de aire: se recomienda utilizar este método para el sistema propuesto ya que consiste en introducir aire comprimido al sistema por medio de una manguera con boquilla. El aire comprimido removerá los residuos como suciedad, polvo y escombros.
- Humedad en el sistema: debido a la naturaleza del proceso, es muy probable que se tengan casos de condensación. Por ello, es necesario revisar periódicamente los recipientes recolectores de humedad para evitar problemas.
- Revisión de nivel y presión de gas refrigerante: este procedimiento se realiza de forma rápida y sencilla. Sin embargo, es una tarea de suma importancia debido a que se trata del agente encargado de retirar el calor del ambiente y garantizar que todo opere de manera esperada.

Nota. Si durante esta revisión se detecta un nivel bajo, no solo debe recargarse. Es importante realizar una revisión del sistema para verificar que no existan fugas.

Los equipos de acondicionamiento de aire son sistemas muy funcionales si están bien diseñados. De presentarse un problema en el equipo, es necesario contactar a un profesional calificado y entrenado ya que si cometemos un error estaremos poniendo en riesgo la integridad del artefacto, y hasta podemos poner en riesgo nuestra salud o la de la persona encargada.

Algunos de los posibles problemas que pueden presentarse en un equipo de acondicionamiento de aire son:

- Equipo sin gas: fuga o falta de carga
- La unidad no enciende: problemas con el compresor o fallos con la conexión eléctrica o un fusible quemado.
- Equipo no enfría: puede significar falta de gas, fallos en el compresor o se excedieron las cargas térmicas.
- Sensor de termostato defectuoso: el equipo no sabrá si se alcanzó la temperatura deseada ni podrá mantener un nivel constante.
- Contaminación en el sistema: la presencia de humedad se considera un tipo de contaminación.

Nota. Se recomienda que, si alguno de estos problemas es detectado, se contacte a personal calificado para realizar la tarea correctiva.

Las tareas para realizar de parte del personal de mantenimiento de la Cámara Guatemalteca de la Construcción son puramente preventivas. Por ningún motivo se recomienda que realicen actividades de mantenimiento correctivas sin la presencia de personal calificado para la tarea.

CONCLUSIONES

1. Para que dentro del auditorio de la Cámara Guatemalteca de la Construcción existan condiciones de confort sin importar el aforo o duración de un evento, es necesario implementar un sistema de acondicionamiento de aire con dos unidades tipo paquete y un sistema de distribución de ductería rectangular de chapa metálica.
2. La carga térmica generada en el interior del auditorio de CGC se debe a factores como la incidencia de los rayos solares, la concentración de grandes grupos de personas en su interior, poca circulación natural de aire, iluminación artificial y equipos audiovisuales.
3. Se diseñó una propuesta para un sistema de acondicionamiento de aire compuesto por dos unidades tipo paquete de 10 toneladas de refrigeración cada uno y un sistema de distribución de aire acondicionado de ductos rectangulares de chapa metálica que sería capaz de brindar una sensación de confort a las personas que se encuentren dentro del auditorio.
4. Se capacitó al personal de mantenimiento de la Cámara Guatemalteca de la Construcción sobre el funcionamiento básico y las buenas prácticas de mantenimiento preventivo para un sistema de acondicionamiento de aire.

RECOMENDACIONES

1. Implementar un sistema de acondicionamiento de aire con dos unidades tipo paquete y una distribución por ductos rectangulares de chapa metálica. Con esto alcanzarán condiciones de confort durante sus eventos sin importar el aforo y duración de estos.
2. Realizar de manera programada las actividades de mantenimiento preventivo a cargo del personal de mantenimiento.
3. Contactar a una empresa que cuente con el personal y el equipo necesario para realizar tareas de mantenimiento correctivo. Por ningún motivo deberán intentar reparar el daño sin la supervisión de un experto.

REFERENCIAS

Cardete, R. (29 de marzo de 2018). *Como calcular las cargas térmicas*. CEAC.
<https://www.ceac.es/blog/como-calcular-las-cargas-termicas>

Castañó, D. (01 de abril de 2009). *Aceites Lubricantes Para Refrigeración*. Mundo HVACR.
<https://www.mundohvacr.com/2009/04/aceites-lubricantes-para-refrigeracion/>

Conforempresarial. (noviembre de 2021). *Cálculo de Ductos de Aire Acondicionado*.
<https://www.conforempresarial.com/calculo-de-conductos-de-aire/>

Domènech, M. (2014). *Abc del Aire Acondicionado*. Alfaomega.

Enertec. (enero de 2016). *¿Cómo se realiza un mantenimiento preventivo de aire acondicionado?*
<https://enertec.es/como-se-realiza-un-mantenimiento-preventivo-de-aire-acondicionado/>

Gasservei. (2021). *Refrigerantes CFC*.
[https://gas-servei.com/productos/refrigerantes/refrigerantes-cfc/#:~:text=Los%20clorofluorocarbonos%20\(CFC\)%2C%20son,vol%C3%A1til%20del%20metano%20y%20etano](https://gas-servei.com/productos/refrigerantes/refrigerantes-cfc/#:~:text=Los%20clorofluorocarbonos%20(CFC)%2C%20son,vol%C3%A1til%20del%20metano%20y%20etano)

Novelec. (17 de abril de 2022). *Aire acondicionado por conductos: ventajas y características*.
<https://blog.gruponovelec.com/blog/aire-acondicionado-por-conductos/>

SolerPalau. (abril del 2019). *Condiciones Ambientales En Espacios Interiores*.

<https://www.solerpalau.com/es-es/blog/condiciones-ambientales-interior/>

SolerPalau. (febrero del 2020). *Cómo conseguir la temperatura de confort*.

<https://www.solerpalau.com/es-es/blog/temperatura-de-confort/#:~:text=Podremos%20afirmar%20que%20hemos%20alcanzado,se%20realiza%20en%20ese%20espacio>

APÉNDICES

Apéndice 1.

Auditorio Cámara Guatemalteca de la Construcción



Nota. Fotografía del ingreso al auditorio de la Cámara Guatemalteca de la Construcción.
Elaboración propia.

Apéndice 2.

Capacitación al personal de mantenimiento de CGC

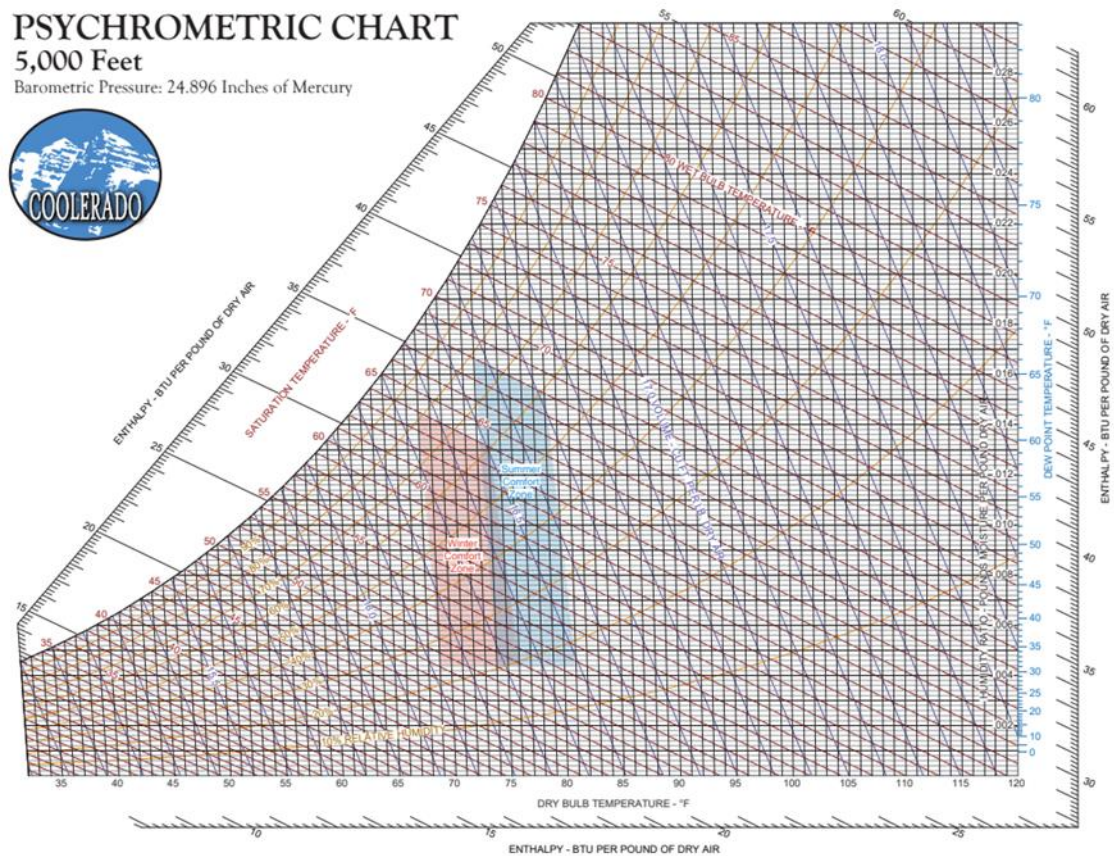
 CÁMARA GUATEMALTECA DE LA CONSTRUCCIÓN	Registro para Capacitación de personal CGC	Página 1/1	
Nombre del Instructor: _____			
Tema: _____			
Fecha: _____			
Hora de inicio: _____			
Datos del participante			
Nombre	Área	Función	Firma

Nota. Formato de registro para la capacitación del personal de mantenimiento de CGC.
Elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1.

Carta psicrométrica



Nota. Carta Psicrométrica de 5000 pies sobre el nivel del mar. Obtenido de Teach Engineering. (s.f.). *Coolerado 5000 Feet Psychrometric Chart.* (https://www.teachengineering.org/content/cub/_activities/cub_housing/cub_housing_lesson01_activity2_psychrometricchart.pdf), consultado el 6 de octubre de 2023. De dominio público.